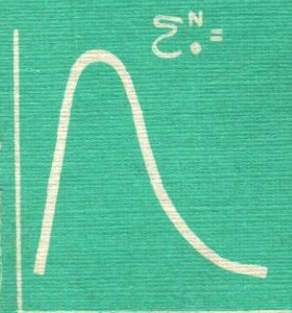


C. PY, J. J. LACOEUILHE, C. TEISSON

l'ananas

sa culture, ses produits



**TECHNIQUES
AGRICILES
ET
PRODUCTIONS
TROPICALES**



L'ANANAS

SA CULTURE, SES PRODUITS

« Le Roy des Fruits »

« Il est le plus beau et le meilleur de tous ceux qui sont sur la terre. C'est, sans doute, pour cette raison que le Roy des Roys lui a mis une couronne sur la teste, qui est comme une marque essentielle de sa royauté, puisque à la cheute du Père il produit un jeune Roy qui lui succède en toutes admirables qualitez. »

R. P. DUTERTRE,

*(Histoire générale des Antilles
habitées par les François).
Paris, 1667.*

TECHNIQUES AGRICOLES ET PRODUCTIONS TROPICALES

Collection dirigée par

René COSTE

Ingénieur d'Agronomie tropicale

Président de l'I.R.C.C.

- I. Le Bananier, par J. CHAMPION (*épuisé*).
- II. Le Palmier à huile, par Ch. SURRE et R. ZILLER (*épuisé*).
- III. Les Plantes à épices, par J. MAISTRE (*épuisé*).
- IV. L'Ananas, par C. PY et M.-A. TISSEAU (*épuisé*).
- V. VI. VII. Le Riz, par A. ANGLADETTE.
- VIII. Le Cocotier, par Y. FREMONT, R. ZILLER et M. DE NUCÉ LAMOTHE (*épuisé*).
- IX. Le Cotonnier, par R. LAGIÈRE (*épuisé*).
- X. Les Plantes fourragères tropicales, par B. HAVARD-DUCLOS.
- XI. XII. XIII. Expériences de Développement agricole en Afrique tropicale, sous la direction de John C. DE WILDE.
- XIV. Le Caféier, par R. COSTE (*épuisé*).
- XV. L'Arachide, par P. GILLIER et P. SILVESTRE.
- XVI. Valeur alimentaire de l'Arachide, par J. ADRIAN et R. JACQUOT.
- XVII. Le Cacaoyer, par J. BRAUDEAU.
- XVIII. XIX. La Canne à sucre, par R. FAUCONNIER et D. BAS-SEREAU.
- XX. Insectes nuisibles des Cultures tropicales, par E.-M. LAVABRE.
- XXI. XXII. Les Agrumes, sous la direction de J.-C. PRALORAN.
- XXIII. La Vulgarisation agricole en Afrique et à Madagascar, par P. CHANTRAN.
- XXIV. Le Palmier dattier, par P. MUNIER.
- XXV. XXVI. XXVII. Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux, par A. ANGLADETTE et L. DES-CHAMPS.
- XXVIII. Le Désherbage des cultures sous les tropiques, sous la direction de J. DEUSE et E. M. LAVABRE.
- XXIX. Le Manguié, par F. DE LAROUSSILHE.
- XXX. Le Cotonnier et ses produits, par G. PARRY.
- XXXI. Les Ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques, sous la direction de J. APPERT et J. DEUSE.
- XXXII. Le Manioc, par P. SILVESTRE et M. ARRAUDEAU.
- XXXIII. L'Ananas, sa culture, ses produits, par C. PY, J. J. LACOEUILHE et C. TEISSON.
- XXXIV. L'Igname, par L. DEGRAS (*à paraître*).
- XXXV. L'Avocatier, par GAILLARD (*à paraître*).

TECHNIQUES AGRICOLES ET PRODUCTIONS TROPICALES

Collection dirigée par

René COSTE

Ingénieur d'Agronomie tropicale

Président de l'I.R.C.C.

XXXIII

L'ANANAS SA CULTURE, SES PRODUITS

PAR

Claude PY

*Agro-généticien,
directeur technique, animateur-coordonateur des recherches
et des études de développement sur ananas à l'I.R.F.A.*

Jean Joseph LACOEUILHE

*Agro-physiologiste,
coordonateur des recherches sur ananas pour la zone Antilles-Guyane*

Claude TEISSON

*Agro-physiologiste, chercheur au GERDAT,
ancien coordinateur des recherches sur ananas
à la Station de l'Anguédédou (Côte-d'Ivoire)*



ÉDITIONS G.-P. MAISONNEUVE
& LAROSE
15, rue Victor-Cousin
PARIS (V^e)

AGENCE DE COOPÉRATION
CULTURELLE ET TECHNIQUE
13, quai André-Citroën
PARIS (XV^e)

Les opinions exprimées ainsi que les orthographes des noms propres et les limites territoriales figurant dans le présent document n'engagent que les auteurs et nullement la position officielle et la responsabilité de l'Agence de Coopération Culturelle et Technique.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

© G.-P. MAISONNEUVE ET LAROSE ET A.C.C.T., 1984

Imprimé en France

ISBN : 2-7068-0844-6 et 92-9028-058-1

PRÉFACE

« *Doctus cum libro* ». Cette vieille maxime du temps des versions latines me revient à l'esprit en lisant ce manuscrit, aujourd'hui livré à l'imprimeur. S'il est possible de la prendre en défaut, c'est bien en lisant et en consultant cent fois ce livre qu'on le fera.

Plus qu'une réédition, c'est une tentative de transmettre le savoir faire d'un homme et de son équipe. L'homme, C. Py, a consacré toute sa carrière de chercheur, d'agronome, d'ingénieur, de conseiller à l'ananas et à sa culture. L'équipe, celle qu'il a su créer autour de lui en quelques trente-six ans. Des chercheurs de tous horizons à qui il a su communiquer son enthousiasme ou qu'il a pu convertir à l'ananas, en premier lieu J. J. Lacoëuilhe et C. Teisson, ses collaborateurs les plus directs depuis la disparition de M. A. Tisseau.

On parle souvent de travail d'équipe dans les organismes de recherche. L'exemple le plus probant est bien celui de cet ouvrage. Il est le reflet de l'esprit de l'équipe Ananas de l'I.R.F.A. Qui n'a pas suivi les échanges de correspondance innombrables précédant la rédaction de chaque paragraphe ne peut se faire une idée du souci de précision et de concision qui animait nos auteurs. Rien n'a été laissé au hasard. A ceux qui penseraient que la culture de l'ananas n'exigeait pas des développements d'un niveau scientifique aussi élevé, nous répondrons que les agriculteurs du XXI^e siècle, ceux que nous formons actuellement, ne pourront se dispenser de comprendre la chaîne des phénomènes biologiques induits par une culture.

Dans cet ouvrage, les données scientifiques et pratiques s'entrecroisent sans cesse. Le chercheur y côtoie le praticien, à moins qu'il ne soit devenu l'un et l'autre. Le choix est laissé entre l'analyse du laboratoire ou l'observation directe. Entre la science et le bon sens paysan.

L'ANANAS représente pour beaucoup un dessin sur une étiquette de boîte en fer blanc ou une publicité d'ananas « avion », symboles d'une culture ultra mécanisée, ultra sophistiquée. Cette image est réelle, elle l'a été plus qu'elle ne le sera peut-être.

Mais ceux qui, comme C. Py, ont parcouru le monde de l'ananas ont recueilli des images bien différentes. La somme d'ingéniosité des

paysans de Taïwan, d'organisation et de travail des Ivoiriens ou des Brésiliens montre que la notion de système de culture est multiforme. La perfection n'est pas que mécanique.

L'exploration des potentialités d'une plante étonnante, encore en phase évolutive active, dégage un bon nombre d'applications pratiques. Elle en laisse entrevoir bien d'autres, bien éloignées de la production de l'aliment de luxe que l'on voit toujours en un dessert, pourtant aussi utile à l'alimentation humaine qu'un autre constituant du régime alimentaire. L'ananas fait partie du petit lot de plantes à très forte productivité, utilisant parfaitement l'énergie solaire et économe en eau grâce à son métabolisme très particulier. C'est donc une plante de l'avenir pour le développement des applications de la biomasse.

Ce livre est le produit d'une recherche originale initiée par C. Py et ses contemporains des années 1940 dans le cadre des Instituts de recherches spécialisés, groupés depuis au sein du GERDAT. L'I.R.F.A. est l'un d'eux. La collection dirigée par R. Coste, à qui appartient cet ouvrage, est mondialement estimée. Je veux, ici, en rendre hommage à son promoteur. Avec sa compétence et son dynamisme, il nous a donné un moyen d'expression exceptionnel. Il eût été dommage que des travaux de cette valeur ne connaissent pas la diffusion qu'ils méritent.

A une période où le monde entier s'interroge sur l'avenir de son agriculture, et ce n'est plus seulement du tiers ou du quart monde dont il est question, c'est peut-être du côté de la recherche que doit venir l'espoir.

Pour sa modeste part, l'ouvrage de C. Py et de son équipe en constitue un témoignage. Lorsque les structures de recherches s'adaptent à la réalité des productions et poursuivent inlassablement leur tâche, chaque progrès scientifique a immédiatement une répercussion pratique.

J. CUILLE,

Directeur général de l'I.R.F.A.

PRÉAMBULE

Ce nouveau livre, de la collection « Techniques Agricoles et Productions Tropicales », est la suite logique de l'« Ananas » de C. PY et M.A. TISSEAU, édité en 1965, et actuellement épuisé. Il intègre près de vingt années d'acquisition de connaissances obtenues grâce à un patient travail d'expérimentation par les Stations de Recherches des principaux pays producteurs d'ananas. La place prise par l'Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes (I.R.F.A.) y est prépondérante.

Priorité a été donnée à *l'étude de la plante* (botanique, génétique...), de son *fonctionnement* (physiologie avec les particularismes de son métabolisme...) et à *l'étude de ses rapports avec le milieu* pris au sens le plus large (physique : climat, sol ; biologique : pathogènes, ravageurs, adventices...). Cet ensemble forme la partie I. Les aspects fondamentaux ont été particulièrement développés ; ainsi expérimentateurs, producteurs, développeurs y trouveront les bases nécessaires aux adaptations qu'exigent les constantes mutations socio-économiques. Économistes, enseignants, étudiants pourront « s'imprégner » des nombreuses particularités qui distinguent cette plante des autres espèces cultivées.

La partie II, consacrée à la *Phytotechnie*, est le *prolongement appliqué* de la première, elle présente pour chaque étape par laquelle passe la culture, les différentes techniques possibles. Après un aperçu général, des exemples pratiques chiffrés et des tableaux synoptiques sont donnés. Ils sont destinés à aider le producteur dans ses choix et l'établissement des itinéraires techniques qui, compte tenu des contraintes physico-biologiques et socio-économiques, lui semblent les mieux adaptés aux objectifs qu'il se propose d'atteindre.

Les deux autres parties III et IV traitées beaucoup plus succinctement d'une part synthétisent les différentes *utilisations* possibles de l'ananas et les prolongements technologiques qui en découlent et, d'autre part, abordent les *aspects économiques*.

Un soin tout particulier a été donné à l'illustration de l'ouvrage (dessins et reproductions photographiques) ; les cultivars les plus utilisés, les symptômes de maladies, les dégâts causés par les ravageurs, les déficiences minérales, et les techniques culturales et indus-

trielles spécifiques font l'objet de reproductions recherchées. Les illustrations les plus pertinentes ont été réalisées en couleur grâce à des souscriptions privées. Le lecteur disposera avec cet ouvrage, quelle que soit sa motivation, de tous les aspects indispensables à une vision globale du sujet.

L'ouvrage devrait s'intituler :

« L'ananas, la plante, son fonctionnement, ses rapports avec le milieu, sa culture et son utilisation. » Pour simplification le titre se limite à :

« L'ananas, sa culture, ses produits »

Trois auteurs ont conduit à bien cet ouvrage :

C. PY ;

J. J. LACOEUILHE ;

C. TEISSON.

La disparition prématurée de M.A. TISSEAU ne lui a pas permis d'y participer. Il est la matérialisation d'un travail d'équipe : l'équipe des chercheurs et techniciens de l'I.R.F.A. à laquelle se sont jointes, pour la circonstance, un certain nombre de personnes étrangères à l'Institut. Chacun dans sa spécialité a apporté sa contribution par des corrections, annotations et additifs aux textes proposés.

Les auteurs sont très reconnaissants à chacun d'eux de leur inestimable coopération.

Parmi ceux-ci, on citera tout particulièrement :

Dans le domaine de la *génétique*, la coopération de :

D. L. GIACOMETTI, Directeur du Centro Nacional de Recursos Genéticos. Brasília.

C. CABOT, chargé de l'amélioration de l'ananas à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire.

Dans le domaine de la *bioclimatologie*, celle de :

J. C. COMBRES, chargé de la coordination des recherches à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire.

Dans le domaine de la *pédologie*, celle de :

J. GODEFROY, chargé du Service de Pédologie à l'I.R.F.A.

Dans le domaine de la *nutrition*, celle de :

P. MARTIN-PREVEL, chargé du Service de Physiologie à l'I.R.F.A.

J. MARCHAL, physiologiste plus particulièrement chargé des problèmes d'ananas.

Dans le domaine de la *défense des cultures*, celle de :

- A. VILARDEBO, chargé du Service Entomologie et Nématologie à l'I.R.F.A.
- P. FROSSARD, chargé des recherches phytopathologiques à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire.
- E. LAVILLE, phytopathologiste qui est intervenu plus particulièrement dans le cas de la maladie de la Fusariose.
- M. KEHE, entomologiste spécialiste des *symphytes* à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire.
- J. L. SARAH, chargé de recherche en Nématologie à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire.
- X. MOURICHON, phytopathologiste à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire pour son intervention dans le domaine des Mycorhizes et de la maladie des « taches noires ».

Dans le domaine de l'*agronomie*, celle de :

- E. J. GIACOMELLI, chargé de recherche à l'Instituto Agronomico do Estado de São Paulo, Brésil, qui a en outre largement contribué à l'illustration de l'ouvrage.
- A. PINON, chargé des recherches agronomiques sur ananas à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire et responsable de la Station.
- J. Y. REY, chargé des recherches agronomiques sur ananas et autres fruitiers à la Station de Nyombé (Cameroun).
- A. GUYOT, agronome détaché auprès de la Société de Développement sur les Fruits et Légumes en Côte-d'Ivoire.
- J. BOUFFIN, agronome à la Station de l'Anguédédou en Côte-d'Ivoire.

Dans le domaine de la *technologie*, celle de :

- P. ESTANOVE, chargé des questions ananas au centre I.R.F.A. de Montfavet.
- F. GEOFFROY, Station de Recherches Zootechniques. Centre de l'Institut National de la Recherche Agronomique pour les Antilles, Guyane (97170 Petit-Bourg, Guadeloupe) pour l'utilisation des résidus de culture dans l'alimentation du bétail.

Dans le domaine de l'*économie*, celle de :

- P. SUBRA, chargé du Service d'Agroéconomie.
- R. NAVILLE, économiste de Marché chargé plus particulièrement de l'analyse des données statistiques.
- F. FAJAC, chargée plus spécialement de la collecte des données statistiques.

Pour la collecte des *données bibliographiques*, celle de :

A. DU MERLE.

T. PHAM VAN.

H. PY.

Pour la préparation des *documents photographiques*, celle de :

O. BERTRAND.

Pour les dessins et figures, celle de :

T. BEAUDOU.

E. TROCELLIER.

Et pour les travaux dactylographiques et de reproduction, celle de :

S. PARCERISA.

P. PARCERISA.

E. VIALLE.

M. LUC.

N. B. — A noter que de nombreuses mutations sont intervenues depuis le début de la rédaction de cet ouvrage et que les responsabilités inscrites en face de chaque nom ne sont plus les mêmes pour certains au moment de la mise sous presse.

PREMIÈRE PARTIE

LA PLANTE ET LE MILIEU



I. 1. — ÉLÉMENTS DE TAXONOMIE

ORIGINE - DISPERSION

L'ananas appartient à la famille des Broméliacées (sous-classe des Monocotylédones), qui compterait 45 genres et près de 1.900 espèces. Tous les types cultivés appartiennent au genre *Ananas* ; avec le genre voisin *Pseudananas* (à une seule espèce *P. sagenarius*) ils se distinguent des autres genres par le fait que le fruit est un syncarpe ou, plus précisément, un coenocarpe (cf. I. 3.1.4.1.) alors que les fruits individuels restent indépendants dans les autres genres.

Les principales différences entre les genres *Pseudananas* et *Ananas* résident dans la présence de stolons et l'absence de couronnes et de bulbilles dans le premier.

En hommage au médecin suédois Olaf BROMEL le terme de Bromelia aurait été donné au début du XVII^e siècle par un moine jésuite à un ensemble de plantes à inflorescences rappelant une pomme de pin (LEAL et ANTONI, 1980). Cette similitude est à l'origine des termes espagnol « piña » et anglais « pine-apple ».

RUMPHUIS tenta le premier, en 1747, une classification en reconnaissant trois types botaniques. Depuis cette date, avec l'intervention d'un grand nombre de botanistes (Carlos LINNEO, 1753 ; SAINT-HILAIRE, 1805 ; SCHULTES, 1830 ; MERRILL, 1917 ; HASSLER, 1919 ; BERTONI, 1919) plusieurs se succédèrent en se compliquant progressivement. En 1939, SMITH L. B. propose une clef du genre *Ananas* avec 4 espèces (*A. bracteatus*, *A. erectifolius*, *A. ananassoïdes* et *A. comosus*) qui fut enrichie d'une 5^e espèce : *A. fritzmuelleri* en 1943 (CAMARGO et SMITH L. B.) et d'une 6^e sur proposition de CAMARGO : *A. paraguayensis* après sa découverte au Venezuela (CAMARGO et SMITH L. B., 1968) (Fig. 1).

Ces apports conduisirent à l'élaboration par SMITH L. B. d'une nouvelle clef (Tab. 1) parue en 1979 dans « Flora Neotropica » avec 8 espèces pour le genre *Ananas*. Celle-ci cependant ne satisfait pas pleinement l'auteur (SMITH L. B., 1982), et ne fait pas l'unanimité (GIACOMETTI, 1978). CAMARGO conteste la création d'*A. monstrosus* qu'il considère comme un cultivar de *A. comosus* et celle d'*A. nanus* (antérieurement

considéré comme une variété botanique de *A. ananassoïdes*). De même le remplacement d'*A. erectifolius* par *A. lucidus* dans cette dernière classification ne reçut pas l'approbation de CAMARGO qui assimile cette dernière à *A. comosus* ce que conteste par ailleurs GIACOMETTI (1982).

TABLEAU 1

Clef des espèces du genre *Ananas* (d'après SMITH L. B.)

Extrait de Flora Neotropica 1979 (voir photo 14)

1. Absence de bouquet foliacé à l'extrémité du syncarpe	1	<i>A. monstrosus</i>
2. Bouquet foliacé couronnant le syncarpe		
2. Syncarpe d'une longueur inférieure à 15 cm à maturité plus ou moins sec, hampe longue et mince		
3. Feuilles recourbées et épineuses		
4. Toutes les épines antrorses		
— Largeur de la feuille inférieure ou égale à 25 mm		
— Pas de rétrécissement à la base		
5. Apex de la hampe fragile se rompant facilement		
— Syncarpe à nombreuses fleurs sur toute sa longueur	2	<i>A. ananassoïdes</i>
5. Apex de la hampe solide		
— Syncarpe à peu de fleurs groupées sur 4 cm de long	3	<i>A. nanus</i>
4. Épines antrorses ou rétrorses		
— Largeur de la feuille pouvant aller jusqu'à 45 mm		
— rétrécissement à la base	4	<i>A. parguazensis</i>
3. Feuilles droits, érigées, inermes à l'exception de l'épine terminale		
— Largeur de la feuille pouvant aller jusqu'à 35 mm	5	<i>A. lucidus</i>
2. Syncarpe d'une longueur dépassant 15 cm à maturité, succulent, hampe forte habituellement courte		
6. Bractées florales bien visibles, imbriquées, couvrant les ovaires, à grosses épines		
7. Toutes les épines des feuilles antrorses		
— Bractées florales colorées à maturité		
— Pétales à écailles	6	<i>A. bracteatus</i>
7. Un certain nombre d'épines des feuilles rétrorses (celles de la base)		
— Bractées florales vert pâle à maturité		
— Pétales à plissures verticales	7	<i>A. fritzmuelleri</i>
6. Bractées florales peu visibles, non imbriquées, ne couvrant pas les ovaires, denticulées	8	<i>A. comosus</i>



PHOTO 1. — Première illustration connue de l'ananas réalisée par Gonzalo Fernandes de Oviedo y Valdes parue en 1535 dans « Historia General y Natural de los Indios » - Séville (Bibliothèque Huntington - San Marino - Californie - U.S.A.).

PHOTO 2. — Le « Queen Pine » paru dans « History of the Island of Barbados » (Richard Lipan Gent), London, 1773 - Collection Hayot.

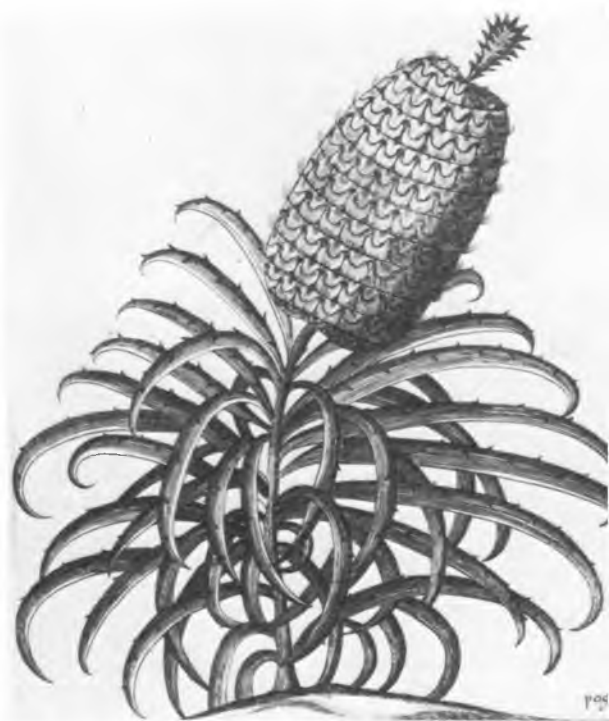


PHOTO 3. — « L'ananas dos Indios » rencontré dans le « Cerrados » du plateau central brésilien. (Cliché Py).

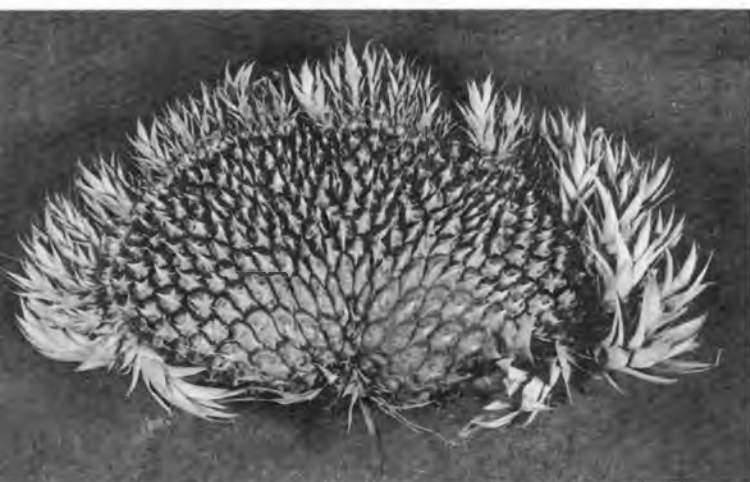




PHOTO 4. — L'une des formes que peut prendre la mutation « collar of slips » chez Cayenne Lisse.



PHOTO 5. — Mutation « bottle neck » chez Cayenne Lisse. (Extrait de Collins et Kerns, 1938, Hawaï).



PHOTOS 6 et 7. — Deux types de fasciation existant sur Cayenne Lisse.

(Cliché Giacomelli).





PHOTO 8. — Face inférieure d'une feuille d'ananas partiellement débarrassée de ses trichomes. Les stomates sont visibles au fond du sillon.

PHOTO 9. — Face inférieure d'une bractée, jeunes trichomes et stomates au fond du sillon (observation au microscope électronique à balayage).
(Cliché Mourichon).

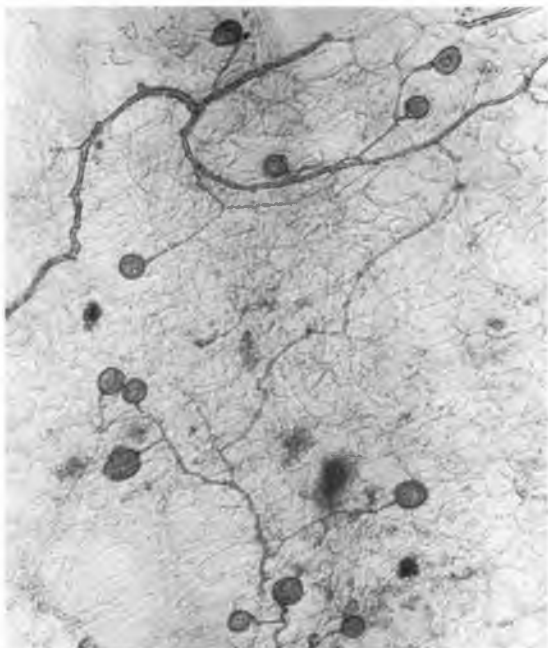


PHOTO 10. — Face inférieure d'une bractée. Trichomes adultes. Au centre de la photo on aperçoit un envahissement mycélien (observation au microscope électronique à balayage). (Cliché Mourichon).





PHOTO 11. — Système racinaire de l'ananas en culture sur solution. On constate qu'après une première « pousse » en apparaît une seconde - Côte-d'Ivoire.



PHOTOS 12 et 13. — Vues d'ensemble d'une partie racinaire mycorhizée avec la présence d'un mycélium extra et intra-racinaire. La photo 12 détaille les vésicules - Côte-d'Ivoire.

(Cliché Mourichon).

La proposition de REITZ, en 1968, de créer une nouvelle espèce : *A. ginesio-linseii* avec l'« ananas dos Indios » (Photo 3) rencontré dans les galeries forestières de la région de Brasília n'a également pas été acceptée : le diamètre du fruit à maturité plaçant automatiquement ce type dans *A. comosus*.

Dans la dernière clef de SMITH L. B. tous les types d'ananas cultivés se retrouvent dans l'espèce *A. comosus* mais les fruits d'autres espèces du genre *Ananas* (ex. : *A. monstrosus*) ainsi que les fruits d'un certain nombre d'autres genres sont comestibles. C'est le cas, en particulier, de ceux de *Bromelia karatas* vendus sur des marchés colombiens sous le terme de « piñuella » pour la préparation de rafraîchissements (GIACOMETTI, 1982), et de ceux d'autres espèces, utilisés à des fins médicales.

Des organismes spécialisés tels que le Centro Nacional de Recursos geneticos (Brasília) poursuivent la collecte au Brésil de nouveaux spécimens et le nombre des espèces des trois genres *Ananas*, *Pseudananas* et *Bromelia* actuellement reconnus par l'ensemble des botanistes est susceptible de s'accroître.

ORIGINE - DISPERSION

A l'exception d'une espèce : *Pitcairnia feliciana* (A. Chevalier) Harms et Mildbr, découverte en Guinée (Afrique occidentale) et de *Tillandsia usneoides* L. (« spanish moss ») qui serait également originaire d'Afrique occidentale (COLLINS, 1948), toutes les Broméliacées sont originaires d'Amérique et, plus précisément semble-t-il, d'Amérique du Sud.

Les études botaniques et prospections de BERTONI (1919), CAMARGO (1943), BAKER et COLLINS (1939) ont montré la large distribution des espèces rencontrées à l'état spontané : *A. ananassoïdes* largement répandu dans le « cerrados » brésilien où il s'accommode de sols pauvres et d'un climat sec, *A. bracteatus* plus connu localement sous la dénomination de « ananas-do-mato » (ananas de forêt) du fait de sa participation aux associations végétales forestières, *Pseudananas sagenarius* ou « gravata de rede » rencontré plus particulièrement dans les zones ombragées... On estimait alors que l'ananas pourrait être originaire d'un vaste quadrilatère situé entre les 15° et 30° de latitude sud et le 40° et le 60° de longitude ouest comprenant les zones centrales et sud du Brésil, le nord de l'Argentine et le Paraguay. Cette zone pourrait, d'après BERTONI, être circonscrite aux bassins du Parana et du Paraguay peuplés par les tribus Tupi-Guaranis qui seraient à l'origine du mot « ananas » (juxtaposition des termes Tupi « a » — fruit — et « nana » — savoureux —). Il est à noter que, localement, cette appellation ne recouvre que les espèces qui font l'objet de simples cueillettes alors que les cultivars se nomment « Abacaxi ».

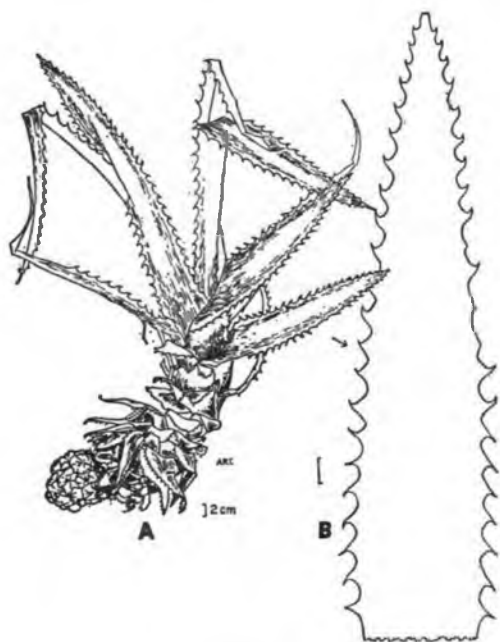


Fig. a



Fig. b

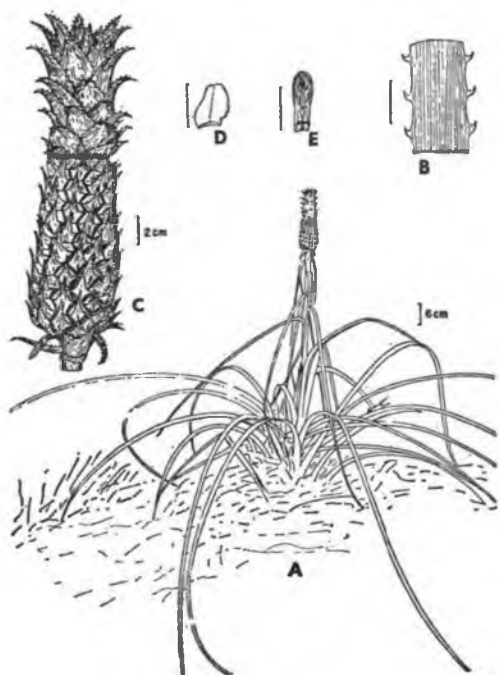


Fig. c



Fig. d

FIG. 1. — Différentes espèces d'ananas (extrait de « Flora Neotropicana », 1979).
Partie 3 :

- a) *Ananas parguazensis* (Camargo). A : inflorescence. B : feuille ;
- b) *A. nanus* (Baker, Collins). Inflorescence ;
- c) *A. ananassoïdes*. A : habitat (Bertoni, Hortus). B : section de feuille.
C : inflorescence. D : sépale. E : pépale et étamine (Baker, Collins) ;
- d) *A. bracteatus* var. *bracteatus* (Bot., Reg. A : feuille. B : inflorescence
A. fritzmuelleri (Camargo). C : inflorescence. D : pétale et étamine.

autre terme d'origine Tupi, formé de « iba » (fruit) et « cati » (odorant) (GIACOMETTI, 1980).

Cependant, il n'est pas rare que la distribution d'espèces sauvages soit beaucoup plus importante dans d'autres secteurs que le secteur d'origine (PICKERSGILL, 1976). Reprenant les descriptifs des différents collectionneurs mentionnés par SMITH L. B. dans sa publication de

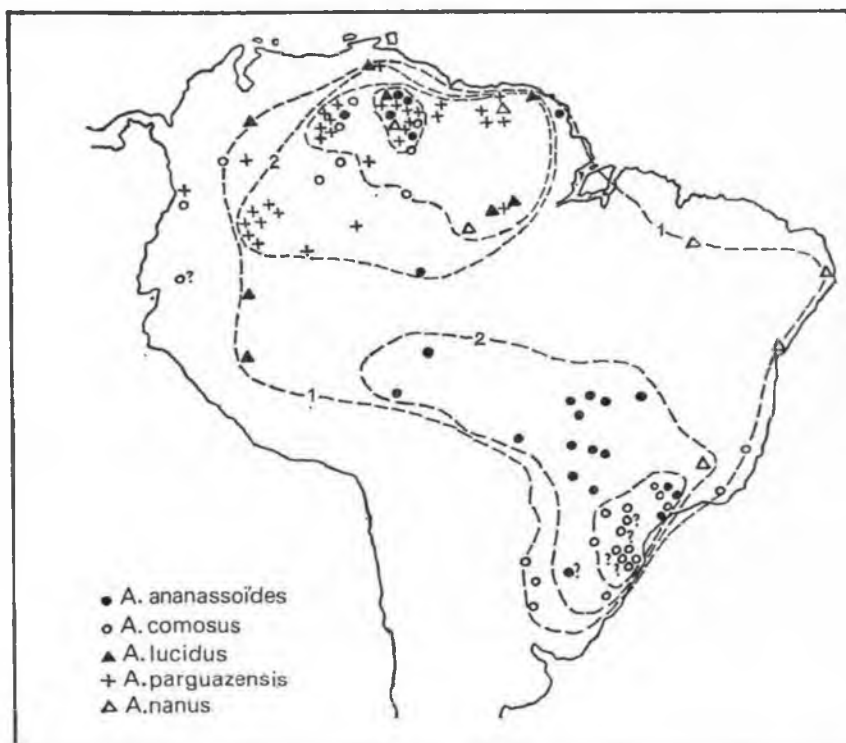


FIG. 2. — CARTE VISUALISANT LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES SPONTANÉES DU GENRE ANANAS. Les courbes délimitent les zones à même nombre d'espèces rencontrées (d'après LEAL F. et ANTONI M. G., 1980).

1971 sur la flore du Venezuela, LEAL et ANTONI (1980) en sont venus à délimiter les zones d'Amérique du Sud comprenant un même nombre d'espèces spontanées (Fig. 2). La carte obtenue tenterait de démontrer au vu du plus grand nombre d'espèces rencontrées au Venezuela en plus des espèces précédemment citées (on y trouve : *A. lucidus*, *A. parguazensis*, *A. nanus*) que la zone d'origine de l'ananas se situerait entre les parallèles 10° de chaque côté de l'équateur, et entre les 55° et 75° de longitude ouest.

A partir de ces différentes régions, à la faveur des échanges entre

tribus, les types les plus valables auraient gagné progressivement l'Amérique péninsulaire et le chapelet des îles Caraïbes. C'est dans une de ces dernières que, selon les récits de Pedro Martyre de Angleria, Christophe Colomb et ses compagnons les rencontrèrent, pour la première fois, le 4 novembre 1493 lors de leur deuxième voyage. Christophe Colomb donna à cette île le nom de Guadeloupe après avoir donné celui de son navire « Marie Galante » à celle où il débarqua la veille.

La première description de la plante et de son fruit est attribuée à GONZALES FERNANDEZ de OVIEDO y VALDES, envoyé au Nouveau Monde par le roi d'Espagne pour y diriger ses fonderies d'or. Elle fut publiée en 1535 à Séville dans « Historia general y Natural de los Indios » (COLLINS, 1960) (photo 1). D'autres suivirent beaucoup plus tard, donnant libre cours à l'imagination des auteurs (photo 2).

La dissémination de l'espèce dans le monde à partir du continent américain suivi de près l'ouverture des grandes voies maritimes par les Portugais, puis les Espagnols au cours du xvr^e siècle. On signale sa présence à Sainte-Hélène en 1505, à Madagascar en 1548, aux Indes en 1545. Les introductions en Asie auraient eu lieu au cours de la seconde moitié du siècle à partir de la Côte occidentale du continent américain.

A la fin du xvii^e siècle, la plante, estime-t-on, était connue dans la majorité des régions tropicales du Monde (COLLINS, 1960).

Les premières introductions en Europe remonteraient à 1535 (Espagne), objet de curiosité des cours de l'époque on tenta de cultiver l'ananas sous serre au cours des xvii^e et xviii^e siècles.

L'« exploitation commerciale » qui se développa par la suite est exposée dans le chapitre consacré à l'Économie (cf. IV).

I. 2. — GÉNÉTIQUE

L'ananas est une plante à multiplication asexuée, très hétérozygote et peu connue sur le plan génétique.

I. 2.1. — DONNÉES GÉNÉTIQUES

I. 2.1.1. — Éléments de cytogénétique

Les chromosomes d'*A. comosus* sont petits et sphériques, comme dans les espèces voisines (*A. ananassoïdes*, *A. bracteatus*, *A. erectifolius*) ils sont au nombre de 50 ($n = 25$). *Pseudananas saganarius* a 100 chromosomes, cette espèce pourrait être le résultat d'une hybridation naturelle entre une espèce de *Bromelia* à 50 chromosomes et une espèce d'*Ananas* suivi d'un doublement de chromosomes (COLLINS, 1960).

Quelques triploïdes — dont le cultivar 'Cabezona' — et tétraploïdes — dont le cultivar 'James Queen' — sont connus. La plupart sont des hybrides issus de l'union de gamètes dans lesquels la réduction chromatique n'a pas eu lieu au moment de la méiose. Cet accident est relativement fréquent; il concerne au maximum 1 % des grains de pollen et des ovules dans 'Cayenne Lisse', mais jusqu'à 6,5 % des grains de pollen chez d'autres cultivars. Ces irrégularités sont à relier avec l'observation, au moment de la diakinèse et de la métaphase I, d'univalents et des associations de bivalents qui semblent indiquer que des polyploïdes et divers types d'anomalies chromosomiques ont dû jouer un rôle relativement important dans l'évolution des espèces du genre *Ananas* (BHOWMIK, 1977). On peut également obtenir des tétraploïdes par traitement à la colchicine des méristèmes terminaux de jeunes couronnes (COLLINS, 1960). Il se produit alors des chimères dont les zones tétraploïdes donnent des rejets qui le sont entièrement.

Si le 'Cabezona' peut donner des fruits exceptionnellement gros, ses avantages par rapport à un diploïde ne sont pas évidents. Les tétraploïdes donneraient des résultats encore inférieurs. L'augmenta-

tion du nombre de chromosomes entraîne un accroissement de la taille des cellules et en particulier des stomates ; les feuilles sont plus larges, moins nombreuses et surtout plus rigides.

I. 2.1.2. — Autostérilité et incompatibilité

Ananas comosus est la seule espèce du genre à être autostérile. Ce caractère est évidemment un avantage certain pour la qualité et l'agrément du fruit. Le système d'auto-incompatibilité serait du type gamétophytique contrôlé par un ou deux locus (COLLINS, 1960 ; BREWBAKER et GORREZ, 1967 ; BHOWMIK et BHAGABAT, 1975). Dans une autofécondation, la longueur maximale du tube pollinique n'atteint que 13 % de celle du style.

La barrière d'autostérilité n'existe cependant pas entre tous les grands groupes de cultivars et pourrait même ne pas être totale à l'intérieur de certains groupes (CABOT, 1979). Pour un cultivar donné, on peut observer quelques autofécondations exceptionnelles dont la fréquence influencée par les conditions climatiques (KERNS, WILLIAMS et SMITH) pourrait résulter de mutations au niveau du grain de pollen.

La barrière d'autostérilité peut être partiellement levée par des traitements tels qu'irradiation aux rayons X, pulvérisations d'ANA ou de Chlorflurenol (BHOWMIK et BHAGABAT, 1975). Les graines obtenues, bien que d'aspect médiocre, sont capables de germer.

La compatibilité entre les cultivars et les possibilités de fécondation entomophiles rendent indispensables la culture en variété pure.

La très grande hétérogénéité des descendants obtenus par les croisements inter-variétaux ou les quelques autofécondations observées laissent supposer que le 'Cayenne lisse' est un hybride naturel à hétérozygotie élevée. L'origine des différents groupes de cultivars est inconnue ; l'hypothèse la plus vraisemblable, en particulier du fait de leur intercompatibilité, est celle d'hybridations naturelles différentes à l'origine. A l'intérieur d'un même groupe, l'évolution n'a pu se faire, du fait de l'autostérilité, que par des mutations somatiques. Celles-ci peuvent être relativement fréquentes ; selon COLLINS (1960), elles atteindraient 1 % des plants de 'Cayenne lisse' pour le passage du caractère « feuille à extrémité seule épineuse » à « feuille entièrement épineuse » (cf. I. 2.1.3).

I. 2.1.3. — Études de quelques caractères

Les études génétiques sur les caractères de l'ananas sont relativement rares. Elles doivent être conduites avec la plus grande prudence, car le phénotype est très fortement influencé par la nutrition minérale, le stade de développement atteint par la plante au moment

de l'induction florale, les conditions climatiques, la densité de plantation et la parasitologie. Les deux exemples suivants, qui concernent les caractères les plus étudiés, parce qu'aisément observables, illustrent ce point de vue.

I. 2.1.3.1. — LE CARACTÈRE ÉPINEUX DES FEUILLES

C'est le seul caractère dont le déterminisme génétique a été étudié. Cela s'explique par son importance — problèmes d'entretien et de récolte des plantations à haute densité de cultivars épineux — et par la simplicité de son déterminisme.

Il existe, parmi les cultivars d'*Ananas comosus*, trois types de feuilles (fig. 3) :

- feuilles à extrémité seule épineuse : cas du 'Cayenne lisse'. L'expression de ce gène est fortement modifiée par l'environnement, des conditions défavorables à la croissance de la plante entraînent une augmentation sensible du nombre d'épines (cf. I. 4.1.1.) ;
- feuilles entièrement épineuses en permanence ; cas de la majorité des cultivars ;
- feuilles totalement inermes, mise à part la pointe terminale.

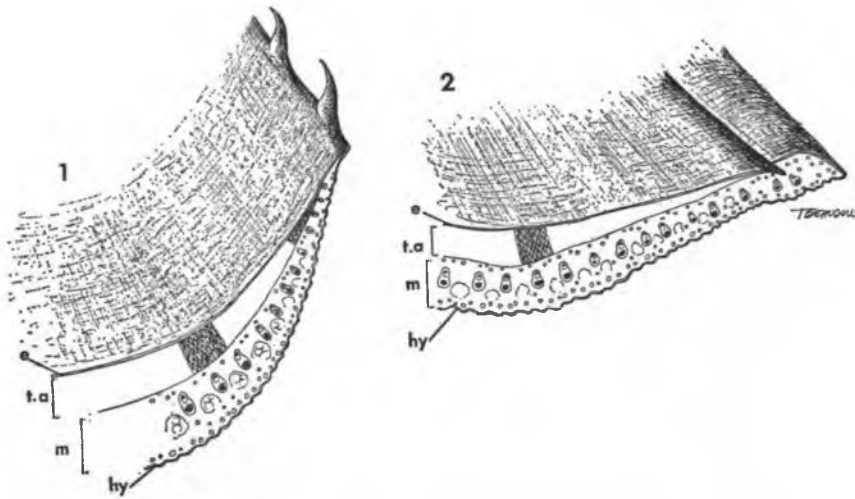


FIG. 3. — Type de feuille :

- 1 Feuille épineuse à l'extrémité seule ou sur toute la longueur.
- 2 Feuille totalement inermes (ourlée ou piping).

e : épiderme ;
t.a : tissu aquifère ;
m : mesophylle ;
hy : hypoderme.

Dans ce type, les bords des feuilles présentent un ourlé (« piping ») gris argenté, formé par un débordement de l'épiderme inférieur sur l'épiderme supérieur ; c'est le cas des cultivars du groupe 5 du tableau 3 — 'Perolera' ou 'Maipure' — (LEAE et SOULE, 1977) dont CAMARGO aurait souhaité faire une sous-espèce d'*A. comosus* : *A. comosus mordilonus* (GIACOMETTI, 1980).

Les caractères « extrémité seule épineuse » (S) et « feuille entièrement épineuse » (s) sont allélomorphes, le premier étant dominant. Tous les cultivars épineux sont donc homozygotes (s.s) pour ce caractère, alors que le 'Cayenne lisse' est hétérozygote (S.s).

On a vu que le taux de mutation somatique de S en s était élevé ; les mutations au stade haploïde sont encore plus fréquentes puisqu'il a été relevé jusqu'à 6,8 % de plants épineux dans une population d'hybrides dont l'un des parents était homozygote (S.S.). La mutation inverse de s en S est par contre extrêmement rare.

Par des hybridations entre 'Cayenne lisse' et espèces voisines, COLLINS (1960) a mis en évidence, chez *A. bracteatus*, *A. ananassoïdes*, *A. erectifolius*, l'existence d'autres gènes tous allélomorphes du gène s.

Le caractère « feuille ourlée » ou « piping » (P) est dominant sur le caractère « feuille non ourlée » (p). Cette paire d'allèle est indépendante de Ss, mais le caractère « piping » est épistatique par rapport au caractère « épineux » et masque son expression.

I. 2.1.3.2. — LE NOMBRE DE BULBILLES - LES COURONNES MULTIPLES

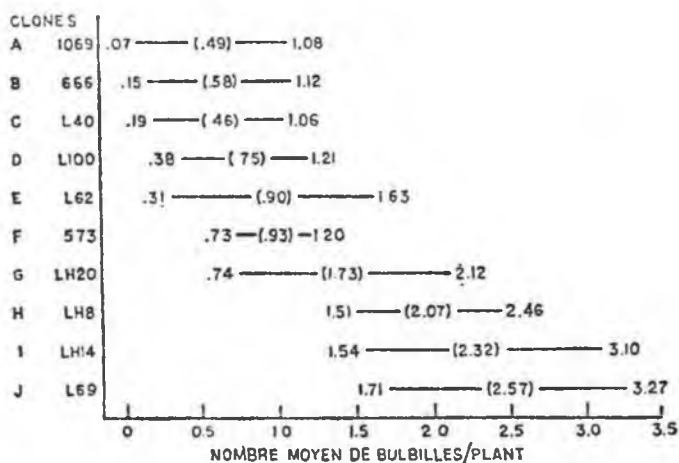
Le nombre de bulbilles est une caractéristique génétique comme le montre la figure 4 (COLLINS, 1960). En Guinée, les types locaux sont exempts de ce type de rejet alors qu'ils sont très nombreux chez des types importés. Leur nombre dépend également du développement végétatif atteint par la plante au moment de l'induction florale et, dans une large mesure, du milieu. Les caractéristiques climatiques au moment de l'induction florale, ainsi que la densité de plantation (cf. II. 3) sont très importantes à cet égard.

Il existe une mutation qui peut être considérée comme une « exacerbation » de ce caractère et qui se manifeste par une prolifération de ce type de rejet : la mutation « collar of slips » (photo 4). Tout comme la formation de bulbilles, elle ne se manifeste seulement que sur certains clones de 'Cayenne', et est soumise aux mêmes influences ; elle peut de ce fait présenter différentes formes.

Dans le cas le plus défavorable, les bulbilles sont attachées directement à la base du fruit par l'intermédiaire, ou non, d'une protubérance (« Knob »), véritable petit fruit en miniature. Dans certains cas, cette protubérance ne porte pas de formations foliacées. A cha-

cune de ces formations externes correspond un faisceau de tissu fibreux, véritables cœurs secondaires qui rendent le fruit inutilisable.

Dans une expression moins « poussée » de la mutation, dénommée « near collar », les bulbilles sont localisées au sommet du péduncule fructifère. Le fruit est commercialisable, mais cette prolifération de bulbilles affecte sensiblement le poids du fruit et retarde l'obtention du second fruit sur pied comme le démontre le tableau 2 (COLLINS, 1960).



(D'après COLLINS, 1960)

FIG. 4. — Nombre moyen de bulbilles produit par plant chez 10 clones de Cayenne Lisse, sur une période de 14 ans (7 récoltes). La ligne horizontale représente l'amplitude des variations avec, au centre, la moyenne générale et, aux extrémités, les moyennes extrêmes. [Reproduite avec l'autorisation de « Interscience Publishers Inc. »]

Une comparaison réalisée à Taïwan (WANG et CHANG, 1960), entre mutants « collar of slips » et plants considérés comme « normaux » a donné une différence de rendement/ha de 53 T en faveur des seconds.

La formation de couronnes multiples obéit aux mêmes influences que celle des bulbilles et peut revêtir également des aspects très divers, on retrouve en particulier, une incidence marquée de certains facteurs climatiques (cf. I.4.1.1) et du développement de la plante. Certains clones de 'Cayenne' sont plus sensibles que d'autres à cette anomalie, et la sélection à cet égard est valable (DALLDORF, 1975 a).

TABLEAU 2

Incidence de la mutation « collar of slips » sur les rendements de la 1^{re} et 2^e récolte (d'après Collins, 1960)

	1 ^{re} récolte	2 ^e récolte
	Poids moyen Fruit en kg	Pourcentage de fruits et d'inflorescences dénombrés au bout d'un même laps de temps
Cayenne Collar of slips ou near collar	1,81	11
Cayenne tout venant ..	2,13	45

I.2.1.3.3. — AUTRES MUTATIONS

COLLINS et KERNS (1938) ont dressé un inventaire des mutations les plus défavorables et les plus visibles rencontrées en 25 ans aux Iles Hawaï :

- 18 intéressent l'inflorescence et le fruit et ont conduit parfois à des monstruosité de différents types (photo 5).
- 9 intéressent les feuilles et la plante en général.

Beaucoup n'entraînant que des modifications morphologiques de faible importance et surtout celles ne provoquant que des changements quantitatifs dans l'expression de certains caractères, échappent à la sélection courante et sont multipliées. Toutes les plantations qui ne repartent pas fréquemment d'un clone doivent être considérées comme des populations hétérogènes.

D'autres mutations peuvent être favorables : c'est le cas d'un mutant de 'Cayenne lisse' observé par DALLDORF (1975 a) et dont le fruit, plus long que normal, mais de même diamètre, permet un rendement en tranches accru.

I.2.2. — LES DIFFÉRENTS CULTIVARS (photos 15 à 25)

Les cultivars d'ananas utilisés dans le monde sont classés habituellement en cinq groupes distincts, en fonction d'un ensemble de caractères communs. Le terme « famille » serait, de ce fait, plus approprié que celui de « groupe ». Plusieurs auteurs ont tenté d'éla-

borer des clefs d'identification. La plus récente a été réalisée par LEAL et ANTONI (1980) pour les cultivars existant au Venezuela.

A côté des critères habituellement retenus pour distinguer les différents types :

- port de la plante ;
- forme du fruit et des yeux ;
- importance des bractées ;
- caractéristiques de la chair ;
- caractéristiques morphologiques des feuilles (présence ou absence d'épines, forme, débordement ou non de l'épiderme inférieur sur l'épiderme supérieur).

Ces auteurs ont utilisé également le nombre d'orientations discernables dans les spirales du fruit sur lesquelles s'inscrivent les « yeux ».

Le tableau 3 se basant sur les critères « classiques » donne pour chacun des 5 grands groupes une description moyenne et précise les principales aires de culture et les utilisations qui semblent les plus appropriées pour chacun d'eux. Aucune donnée chiffrée n'est mentionnée, les cas où l'on dispose de comparaisons valables relevées dans des milieux et des conditions identiques étant très rares. Pour le poids des fruits, comme pour d'autres caractéristiques on s'est contenté de donner une appréciation en plus ou moins par rapport au cultivar Cayenne Lisse pris comme « témoin ».

Une classification descriptive générale de tous les cultivars regroupés en un même site et conduits de la même façon reste à faire.

Le tableau 4 indique les principaux cultivars actuellement recensés et les références de leur description détaillée dans les sites où ils ont été étudiés. (Voir aussi photos 15 à 25).

De tous les cultivars exploités dans le monde le « Cayenne Lisse »¹ dont le fruit convient aussi bien pour la fabrication des tranches que pour l'exportation en frais est considéré globalement comme le plus « performant », ce qui explique qu'il soit le plus répandu dans le Monde en plantation commerciale. C'est en climat tropical qu'il exprime au mieux toutes ses potentialités quantitatives et quali-

1. L'origine du cultivar 'Cayenne Lisse' est imprécise. Le lot de plant originel aurait été collecté en Guyane française (ce qui expliquerait son nom), par PERROTTET, en 1819 lors d'une expédition botanique et 5 exemplaires auraient été envoyés dans les serres de Versailles sous la dénomination de Maipouri.

Pour certains, ce terme serait à rapprocher du nom d'une tribu de la région — Maipure — pour d'autres il serait à rapprocher du terme donné localement au tapir : cet animal étant le plus gros de la région, on aurait par analogie donné son nom à l'ananas le plus gros. Ce terme est encore celui utilisé en Guyane (PY et TISSEAU M. A., 1965).

Des serres de Versailles, la plante serait passée dans des serres de Grande-Bretagne où sa multiplication active serait à l'origine de son développement en Australie, Jamaïque, Hawaii lors de la seconde moitié du siècle (COLLINS, 1960) (cf. IV-1).

TABLEAU. 3. — Aires de culture — principales caractéristiques communes

	Groupe 1	Groupe 2
Dénomination du groupe	Cayenne (photos 22 à 25)	Spanish (photo 21)
Principales aires de culture	Tous les grands centres de production du monde: Hawaii, Thaïlande, Philippines, Taiwan, Afrique occidentale, Kenya ainsi que ceux cités pour les autres groupes	Région Caraïbes, Cuba Porto-Rico, Mexique, Malaisie.
Port général de la plante	relativement étalé	moins étalé que Cayenne
Formation des rejets (à la récolte du fruit) - bulbilles - cayeux	-cultivars avec et sans bulbilles - quelques cayeux	- nombre et dimensions variables de bulbilles - quelques cayeux
Feuilles	-relativement courtes et larges - extrémités seules épineuses -base non chlorophyll ^{ne} des feuilles vert pâle	-longues et étroites -habituellement épineuses mais il existe des clones inermes ou faiblement épineux -base n. chlor. des feuilles: vert-rougeâtre
Pédoncule fructifère (longueur par rapport au fruit)	relativement court	plus long que Cayenne
Fleurs	couleur lilas	plus vive que Cayenne
Fruit. - poids moyen - forme générale - yeux - peau - couleur à pleine maturité -Chair: Aspect à pleine maturité. .fibrosité .couleur - saveur - coeur (diamètre)	- élevé - cylindrique - larges et plats - Jaune orange - plus ou moins translucide - non fibreux - jaune pâle - sucré et acide - moyen	- < Cayenne - globuleux - plus large que Cayenne et plats - jauné rougeâtre - plus ou moins translucide - fibreux - blanchâtre "épice" moins sucré que Cayenne - supérieur à Cayenne
Comportement à l'égard de la maladie du Wilt et des nématodes	- très sensible	- tolérant au wilt - moins sensible aux Nématodes
Utilisations les plus appropriées du fruit	- conserverie - export en frais - consommation locale	-export en frais essentiellement -consommation locale

(1) Connue également sous le nom d'Abacaxi, terme à éviter puisque signifiant « ananas » en brésilien

aux cultivars appartenant à chacun des 5 groupes — Utilisation

Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Queen (photos 15 à 18)	Pernambuco ⁽¹⁾ (photo 19)	Péroléra ⁽²⁾ (photo 20)
Afrique du Sud, Australie, la Réunion	Brésil, Vénézuéla	Colombie, Equateur, Pérou
relativement étalé	érigé	moins étale que Cayenne
- nombre variable de bul- billes (habituellement peu développées) -très grand nombre de cayeux chez certains cultivars(Natal Queen) (Victoria)	- nombreuses bulbilles érigées, bien dévelop- pées en couronne au- tour du fruit -cayeux rares et tardifs	- nombreuses bulbilles de dimensions variables en couronne autour du fruit
- courtes et étroites - très épineuses avec épines "en crochet" -base n.chlor. des feuil- les:vert-rougeâtre	- longues et étroites - très épineuses avec épines non en crochet -base n.chlor.des feuil- les: rose-mauve	- longues et larges - non épineuses (types Piping) hormis l'épine distale -base n.chlor.des feuilles: vert pâle.
relativement court	plus long que Cayenne	plus long que Cayenne
	pâles	Etamines plus longues
-faible - cylindro-conique -moins larges que Cayenne et proéminents -jaune franc - opaque -croustillant(?) - jaune franc - moins acide que Cayenne - inférieur à Cayenne	- <Cayenne - pyramidal - petits et partiellement proéminents - jaune verdâtre -translucide -non fibreux -blanchâtre à jaunâtre -moins acide que Cayenne - inférieur à Cayenne	-semblable à Cayenne -cylindrique -larges et plats souvent irréguliers -jaune rougeâtre prononcé -opaque -croustillant -alternance radiale de jau- ne à jaune pâle -moins acide et moins sucré que Cayenne.Plus riche en acide ascorbique - semblable à Cayenne
- moins sensible que Cayenne au wilt	- moins sensible que Cayenne au wilt	-moins sensible que Cayenne au wilt ?
- export en frais - consommation locale	- consommation locale	- export en frais - consommation locale

(2) Pour CAMARGO, sous-espèce de *A. comosus* : *A. comosus mordilonus*, dénommée égale-
ment « Maipure » par LEAL et SOULE (1977) à ne pas confondre avec « Maïpouri » terme donné
en Guyane à la C.L.

TABLEAU 4

Inventaire pour chacun des groupes, des principaux cultivars actuellement recensés

Groupe 1 Cayenne	Groupe 2 Spanish	Groupe 3 Queen	Groupe 4 Pernambuco	Groupe 5 Mordilonus-Perolera-Maipure
- Champaka 153 } - Champaka 180 } - Hilo } Hawai (1) - 53 - 116 } hybrides - 59 - 656 } - P. 200 } - Cayenne } Afrique du - Afrique du Sud } Sud (2) - G. - 25 } Guinée - G. - 32 - 33 } Afrique - Cayenne de Guinée } Occidentale - Baronne de Rothschild } (3) - (à feuilles épineuses) - Cayenne Guadeloupe } - (moins sensible au } Antilles - Wilt) - St Domingue (4) - Champaka - Queensland Cayenne } Australie (5) - Typhones 1, 2, 3, } Formose - 4 et 5 } (6) - Cayenne de Oriente } Cuba - Sarawak } Malaisie (7) - Kew } Indes	- Espanola Roja } Porto Rico (8) } Mexique } Cuba - 1 - 56 } Hybrides } Porto Rico (9) - 1 - 67 } - Cabezona } Porto Rico (10) - Pina de Cumana } Vénézuéla - Pina de Anare } - Singapore Spanish } - Selangor Green } - Nangka } Malaisie - Gandol } (7) - Betek } - Masmerah } - Castilla (11) } Salvador	- Natal Queen } - (très nombreux } Afrique du - cayeux) } Sud - V.C. Queen } - Ripley Queen (2) - James Queen (12) - Z. Queen (11) - Mac Gregor } Australie - Alexandra } (13) - Commun Rough } - Mauritius } Malaisie (7) - Compe de Paris } Guinée - Victoria } Réunion (14)	- Pernambuco } - Paulista } - Boituva-Amarelo } Brésil - Perola } (15) - Yupi (fruit plus } - cylindrique que } - Perola) - Abacaxi } Afrique occi- } dentale et nom- } breux pays - Pan de Azúcar } Amérique - Sugar loaf } Centrale - Eleuthera } Floride - Venezolana } Vénézuéla - Pina Valera } - Papelon (11)	- Milágreña } Equateur - Perolera } - Mariquita } Colombie - Amarillo } Pérou - Piampa } - Tachirense } Vénézuéla - Maipure } - Bumangues } (11) (16) - Rondon } Brésil - Monte Lirio } Amérique } Centrale
	(1) : Collins , 1930 (2) : Dalldorf , 1978 (3) : Py , 1962 (4) : Py et Barbier , 1965 (5) : Anonyme, 1971	(6) : Wang et Chang , 1957 (7) : Wee , 1972 (8) : Gandia Diaz et Samuels , 1958 (9) : Ramirez , Gandia et Fortunato , 1970 (10) : Salazar , 1956	(11) : Leal et Soule , 1977 (12) : Nyenhuis , 1964 (13) : Anonyme, 1975 (14) : Letorey , 1970 (15) : Anonyme, 1970 (16) : Leal et al. 1979	

Entre parenthèses : principales caractéristiques les distinguant du groupe auquel ils appartiennent.

Renvois : références bibliographiques précisant pour quelques cultivars leurs caractéristiques dans le site où ils ont été étudiés.

tatives. En climat équatorial plus chaud et plus humide sa croissance est plus rapide mais sa chair est fragile, pauvre en acide ascorbique (cf. I. 4.1.4) et sa production de cayeux lente.

Avec ce cultivar, on peut obtenir une gamme très large de poids de fruits (0,5 à plus de 4 kg) suivant la longueur du cycle et les soins apportés à sa culture. De façon générale, il est considéré comme « sophistiqué », exigeant et sensible à de nombreuses maladies (cf. I. 4.2), ce qui impose de lourds investissements, principalement là où le coût de la main d'œuvre est élevé.

Dans la majorité des grands pays producteurs et surtout dans ceux à faible niveau technique, il serait préférable de disposer de cultivars plus rustiques, donc plus économes en énergie, engrais et pesticides.

Le quasi monopole de la culture du 'Cayenne lisse' dans tous les pays du monde représente un danger d'appauvrissement génétique. Conscient de ce fait, le Brésil, détenteur de la quasi totalité des génotypes « sauvages » du genre « Ananas », a décidé d'entreprendre, avec la création du Centro Nacional de Recursos Geneticos, une banque de gènes de tous les types d'*Ananas comosus* existants (GIACOMETTI, 1980).

I. 2.3. — AMÉLIORATION DE LA PLANTE

I. 2.3.1. — Caractéristiques les plus couramment recherchées

Comme pour toute production végétale, on recherche à la fois :

- de hauts rendements obtenus au coût le moins élevé possible avec peu d'intrants et une bonne valorisation de toutes les productions ;

- une présentation et des caractéristiques organoleptiques favorables ;

- une bonne résistance aux divers pathogènes et parasites animaux.

Dans le cas de l'ananas, il y a lieu de distinguer :

- l'ananas destiné à la conserverie : Dans ce cas le rendement se calcule essentiellement en nombre de caisses de boîtes de tranches (produit « noble » par excellence) obtenues à l'hectare (cf. III. 1.2.3.6) ;

- l'ananas destiné à la consommation en frais : C'est alors essentiellement les tonnages effectivement commercialisés ou, plutôt, ceux arrivés en bon état sur les lieux de consommation qui sont à considérer.

La notion de rendement ne peut se concevoir qu'en faisant intervenir le temps d'occupation du terrain ; aussi doit-on prendre en

compte les possibilités de 2^e, voire 3^e et 4^e... récoltes successives sans replantation. La rapidité de la croissance sur les plants-mères du ou des cayeux qui sont à l'origine de ces récoltes successives a donc une importance toute particulière.

De hauts rendements ne peuvent être obtenus que si la plante supporte des densités élevées ; elle devra donc pour un poids de fruit donné présenter un développement végétatif aussi faible que possible. Cependant, ce rapport poids du fruit/poids de la plante est également dépendant de nombre de facteurs d'ordre nutritionnel et climatiques (cf. I. 4.1.1).

La forme du fruit et des fruits individuels et, en particulier, la profondeur de la cavité florale et le diamètre du cœur, ont une grande incidence sur le rendement en tranches, mais une importance moindre dans le cas d'une consommation en frais.

Une relative fermeté de la chair, sans pour autant qu'elle soit fibreuse, une belle coloration de celle-ci et une saveur agréable, sont à rechercher dans les deux cas... mais la coloration de la peau importe essentiellement pour l'exportation en frais.

Le tableau 5 résume l'ensemble des principales caractéristiques les plus souvent recherchées par les sélectionneurs.

TABLEAU 5

Principales caractéristiques habituellement recherchées

Caractéristiques de la plante Croissance et développement végétatif	Caractéristiques du fruit		
	Communes	Spécifiques pour la conserverie	Spécifiques pour la consommation en frais
<ul style="list-style-type: none"> • Croissance rapide • Port semi-érigé • Feuilles courtes et larges • Feuilles inermes ou à épines peu nombreuses limitées à l'extrémité • Moins de 3 bulbilles situées à plus de 2 cm de la base du fruit • Cayeux bas bien développés à la base du plant • Pédoncule fructifère court à moyen supportant aisément le fruit à maturité • Résistance ou tolérance à l'égard des pathogènes et parasites les plus importants : cochenilles, nématodes, Phytophthora, Fusarium et Penicillium • Adaptation à une alimentation hydrique irrégulière • Adaptation à une gamme importante de sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Poids moyen élevé • Forme cylindrique • Maturité homogène du bas au haut du fruit • Bon remplissage • Chair jaune franc ferme mais non fibreuse • Epiderme ferme • Teneur en sucre élevée (Brix 16) • Acidité modérée m.e.q % : 12 • Acide ascorbique élevé • saveur agréable 	<ul style="list-style-type: none"> • Yeux plats et larges • Cavité florale peu profonde • Chair à maturité partiellement translucide • Cœur de faible diamètre • Couronne grosse 	<ul style="list-style-type: none"> • Coloration de l'épiderme jaune orangé • Couronne moyenne à petite

I. 2.3.2. — Sélection à l'intérieur des populations locales

Le type le plus « simple » de sélection consiste à éliminer les sujets défavorables et, en premier lieu, les plants atteints de la mutation « collar of slips » dans le cas du cultivar 'Cayenne lisse'. Étant donné le nombre élevé de bulbilles produites, cette anomalie qui a une action très dépressive sur le rendement se développe rapidement si on n'opère aucune élimination.

Une sélection plus en profondeur consiste à repérer, au moment de la récolte les plants qui présentent le plus grand nombre de caractéristiques favorables en instituant une hiérarchie entre celles-ci. Les rejets des plants retenus sont multipliés ensemble, on a alors une famille de clones en mélange.

La sélection la plus efficace consiste à repérer un nombre très limité de sujets de valeur, à les multiplier de façon accélérée pour comparer les clones fournis, et de ne garder que celui présentant l'ensemble le plus favorable. Ce dernier devra alors passer par une phase de multiplication active avant de prendre la place de la population existante (cf. II. 13).

Tous les cultivars actuellement en culture à Hawaï sont issus de ce type de sélection (F. 200, Champaka...).

Une telle sélection n'est pas sans danger, les caractères de tolérance ou résistance à l'égard des pathogènes ou des parasites sont parmi les plus difficiles à observer et on peut, en conséquence, sélectionner un matériel végétal qui se révélera par la suite très sensible à une maladie jusqu'alors considérée comme secondaire.

La variabilité dans l'expression du nombre et de la position des bulbilles oblige à la plus grande prudence dans les programmes d'amélioration génétique. Dans une culture à haute densité et avec un cycle court, l'anomalie peut ne pas se manifester, principalement quand la différenciation de l'inflorescence intervient en période ensoleillée ; aussi est-il prudent de planter à faible densité et de faire suivre à la plante un cycle relativement long avec plusieurs périodes de récolte, pour être certain que les types sélectionnés ne recèlent pas un génotype trop défavorable pour ce caractère.

I. 2.3.3. — Recombinaisons chromosomiques par hybridation

De nombreux croisements ont été entrepris à Hawaï entre 'Cayenne lisse' et des cultivars d'autres groupes ou des espèces voisines d'*A. comosus* dont les principales caractéristiques sont mentionnées dans le tableau 6. Le cultivar 'Cayenne lisse' étant parfaitement adapté aux conditions écologiques locales, aucun des hybrides obtenus n'est parvenu à le surclasser jusqu'à ce jour.

Les travaux d'hybridation démarrent dans de nombreux autres pays avec pour objectif de conserver les qualités du 'Cayenne lisse' et d'augmenter sa rusticité et sa résistance aux parasites.

La fécondation artificielle est relativement aisée. Il est préférable cependant d'opérer tôt le matin, peu après l'anthèse, de castrer les fleurs fécondées puisqu'une autofécondation, bien qu'exceptionnelle, est toujours possible (cf. I.2.1.2), et de protéger l'inflorescence des croisements entomophiles. Étant donné leur épanouissement échelonné, la fécondation de toutes les fleurs d'une même inflorescence dure 10 à 15 jours. La fertilité femelle d'un clone à l'autre paraît beaucoup plus variable que la fertilité mâle (CABOT, 1979). Le nombre

TABLEAU 6

**Principales caractéristiques d'espèces voisines de *A. comosus*
ayant servi de géniteurs dans des hybridations
réalisées avec le cultivar Cayenne lisse par les chercheurs hawaïens
ainsi que d'autres chercheurs isolés**

	CARACTÉRISTIQUES DÉSIRABLES	CARACTÉRISTIQUES NON DÉSIRABLES
<i>A. ananassoides</i> ..	Chair à haute teneur en sucre et forte acidité, saveur et parfum « sauvages » agréables, cœur petit ; résistance aux nématodes, à la maladie du « wilt », à la pourriture du cœur et des racines ; plante très rustique.	Fruit de très petite taille ; pédoncule très allongé ; chair blanche et fibreuse ; rejets de petite taille.
<i>A. bracteatus</i>	Fruit plus gros que celui de <i>A. ananassoides</i> ; cœur petit ; bonne vigueur générale de la plante (avec bon système racinaire) ; résistance au « wilt », à la pourriture du cœur et des racines.	Chair à teneur en sucre et acidité moyenne, jaune pâle à blanche ; « collar of slips » ou « near collar », pédoncule long ; fruit de forme allongée et pyramidale ; couronnes multiples fréquentes.
<i>A. erectifolius</i>	Résistance à la pourriture du cœur et des racines.	Toutes les autres.
<i>Pseudananas</i>	Immunité à la pourriture du cœur et des racines ; résistance à la maladie du « wilt » ; grande vigueur générale (avec bon système racinaire).	Fruits de taille moyenne à petite, absence de couronnes ; pas de bulbilles, propagation par stolons souterrains ; chair blanche, à degré Brix et acidité faibles ; pédoncule long et de gros diamètre.

moyen de graines obtenues par fleur dans un lot de clones de 'Cayenne lisse' peut varier de 2 à 15 — sur une cinquantaine d'ovules (OKIMOTO, 1948) — ce qui permet d'obtenir de 200 à près de 2.000 graines par inflorescence.

Les techniques de cultures des semis ont été décrites par COLLINS (1960) et, plus récemment, par CABOT (1979). Le pourcentage de germination est en général élevé si on réussit à s'affranchir des problèmes fongiques. Un mois après le semis en boîte de Pétri les jeunes plantules sont repiquées en serre sur un mélange tourbeux et, six mois plus tard, retransplantées en pleine terre. Les premières phases de la croissance sont donc relativement lentes et dans les meilleures conditions le fruit peut être observé deux ans et demi après la récolte de la graine.

Après une première sélection sur la F₁, les hybrides retenus doivent être multipliés activement (cf. II. 13) pour faire l'objet de tests comparatifs à grande échelle.

I. 2. 3. 4. — Possibilités offertes par la culture *in vitro*

La culture *in vitro* d'ananas a été mise au point depuis quelques années déjà, que ce soit à partir d'apex de la couronne (MAPES, 1973), de bulbilles (SITA *et al.*, 1974), de bourgeons latéraux de la couronne (MATEWS, 1976, PANNETIER et LANAUD, 1976) ou, plus récemment, du syncarpe (WAKASA *et al.*, 1978). L'obtention de plants ne semble pas poser de problème majeur, mais conduit à l'apparition d'un pourcentage élevé de variants (WAKASA, 1979). Les modifications observées portent uniquement sur le feuillage : densité, coloration, épines, trichomes. Elles sont d'autant plus fréquentes que la phase indifférenciée est longue, ce qui est le cas lorsqu'on part de tissus de syncarpe ou de bulbille.

Suivant le matériel d'origine et la nature du milieu de culture la multiplication *in vitro* permettrait donc, soit d'obtenir des variants, soit de réaliser une multiplication conforme accélérée, puisqu'on pourrait produire un million de jeunes plantes en 2 ans à partir d'un seul bourgeon (PANNETIER et LANAUD, 1976). Cette dernière possibilité doit cependant être confirmée car il pourrait exister des variants sur des caractères moins évidents que ceux du feuillage.

La création de génotypes nouveaux pourrait, également, être envisagée par l'obtention, à partir de cultures d'anthères, d'haploïdes, ceux-ci pouvant éventuellement être traités par des radiations ou des substances mutagènes avant doublement du nombre de leurs chromosomes. Ces traitements pourraient également servir à la création de plantes polyploïdes.

I. 3. — BOTANIQUE ET PHYSIOLOGIE

I. 3.1. — CARACTÉRISTIQUES BOTANIQUES

L'ananas est une monocotylédone herbacée pérenne autostérile. Après la production du fruit à partir du bourgeon terminal, la couronne et les bulbilles tombées au sol où les bourgeons axillaires de la tige poursuivent leur développement et forment de nouveaux plants (Fig. 5). Les ananas se multiplient donc par une succession de « générations végétatives » qui ont lieu sur place pour les plantes spontanées, alors que dans une exploitation agricole pour répondre aux impératifs économiques et cultureux, les parcelles sont détruites après avoir donné de une à trois récoltes et replantées avec des rejets.

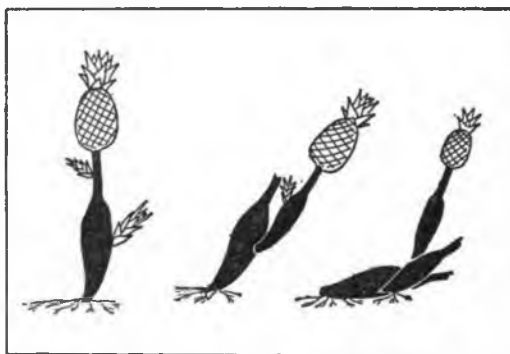


FIG. 5. — Représentation schématique des « générations végétatives » successives de l'ananas. (Inspiré de COLLINS, 1960).

L'ananas appartient à la famille des Broméliacées (ou Bromeliales) qui comprend de nombreuses espèces présentant toutes une adaptation au xérophytisme et dont certaines même sont des épiphytes strictes. Dans une plante terrestre comme l'ananas, cette adaptation se retrouve et peut être considérée comme un caractère résiduel de plantes épiphytes. Elle se traduit en particulier par :

- la limitation des pertes en eau par un appareil stomatique adapté,
- la récupération maximale des faibles précipitations,
- l'absorption foliaire de l'eau et des éléments minéraux,
- la fragilité relative du système racinaire.

Cette adaptation se retrouve aussi au niveau du métabolisme carboné qui peut être réalisé par voie mésophytique mais aussi crasulacéenne (cf. I.3.2). Cette dernière par l'ouverture nocturne des stomates qu'elle impose entraîne une grande efficacité du métabolisme hydrique. Elle nécessite par ailleurs des adaptations anatomiques et morphologiques pour accumuler temporairement les gaz absorbés ou produits et diminuer l'échauffement du feuillage qui ne peut pas réduire sa température par transpiration diurne.

La plante adulte peut mesurer 1,20 m de haut et s'inscrit dans le volume d'une toupie de 1,50 m de diamètre, dont la base est aplatie (Fig. 6). Elle est formée par (Photos 22, 23, 24 et 25) :

- la tige ou souche, qui forme l'axe de la plante, et qui est complètement cachée par l'ensemble du feuillage,
- les feuilles, disposées en rosette sur la tige. Leur nombre, fonction du niveau de croissance de la plante, peut être de 80.
- les racines adventives, soit souterraines, soit aériennes,

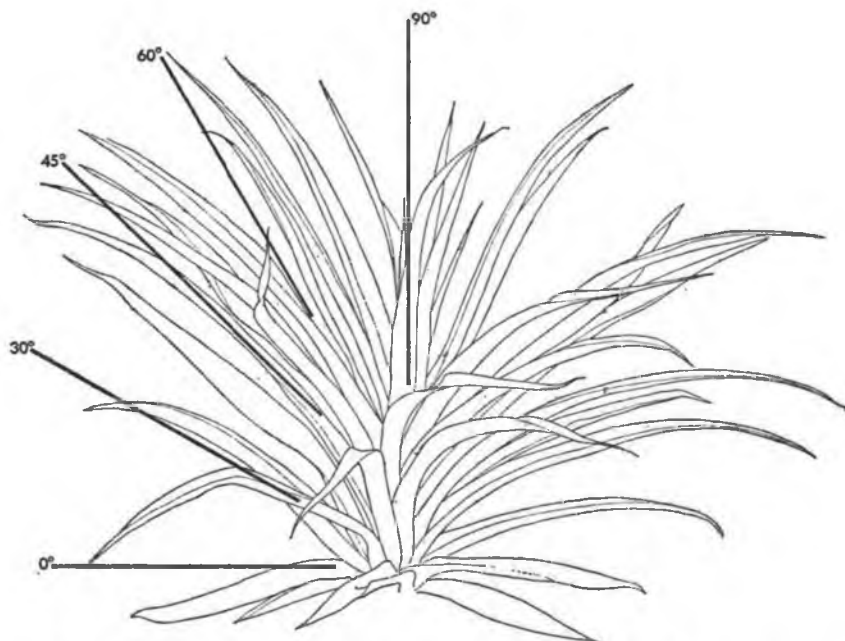


FIG. 6. — Port du feuillage. Angles des feuilles par rapport à l'horizontale

- la hampe fructifère ou pédoncule, qui porte des bractées et, en son sommet, le fruit composé ou syncarpe, surmonté d'une couronne,
- les rejets, qui sont de différents types et dont le nombre et le stade de développement à l'époque de maturité du fruit sont fonction des conditions écologiques.

Les poids de chacun de ces organes sont extrêmement variables, le tableau 7 en donne un ordre de grandeur pour un plant théorique de Cayenne Lisse cultivé.

TABLEAU 7

**Poids frais et sec en gramme des différents organes
à la récolte du fruit**

	<i>Poids frais</i>	<i>Poids sec</i>
Racines	350	30
Feuilles	2 000	260
Tige et pédoncule	530	105
Fruit	1 850	370
Couronne	300	35
Cayeux	120	15

I. 3.1.1. — La tige

La tige, en forme de massue, est courte et trapue. Elle a une longueur maximum de 35 cm pour un diamètre de 2 à 3,5 cm à sa base et de 5,5 à 7 cm au niveau le plus large, juste au-dessous de l'apex. La partie souterraine peut être courbée si le plant est issu d'un rejet de tige, elle est droite et plus large s'il est issu d'une couronne. Les entrenœuds sont très courts, de 1 à 10 mm, les plus longs se trouvent dans la partie médiane de la tige.

L'anatomie de la tige a été décrite de façon détaillée par KRAUSS (1948). On peut distinguer très nettement deux zones appelées, par analogie avec la structure des dicotylédones, écorce et cylindre central (Fig. 7).

Le cylindre central et la plus grande partie de l'écorce sont constitués d'un parenchyme mal structuré, dans lequel se trouvent noyés les faisceaux vasculaires. Les cellules contiennent de nombreux grains d'amidon plus ou moins agglomérés et certaines isolées et plus grandes, présentent des raphides d'oxalate de calcium.

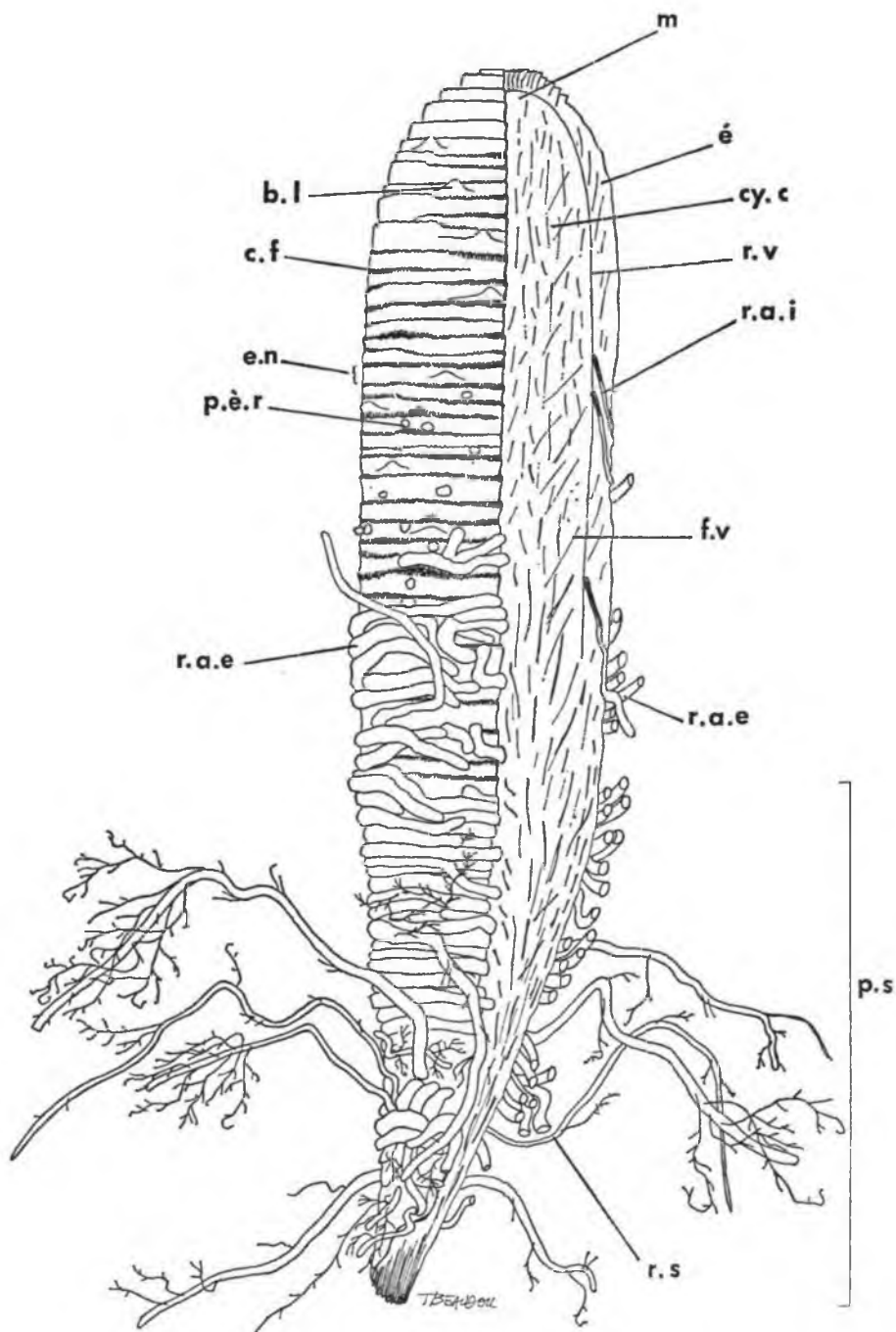


FIG. 7. — ANATOMIE DE LA TIGE :

b.l : bourgeon latéral ; c.f : cicatrice foliaire ; cy.c : cylindre central ; e : écorce ; e.n : entre-nœud ; f.v : faisceau vasculaire de la feuille ; m : méristème ; p.é.r : point d'émergence de la racine ; p.s : partie souterraine ; r.a.e : racines adventives partie externe ; r.a.i : racines adventives partie interne ; r.s : racines souterraines ; r.v : réseau vasculaire.

Les couches les plus externes de l'écorce sont formées de cellules sclérenchymateuses adjacentes à l'épiderme. La limite entre écorce et cylindre central est marquée par un tissu vasculaire typique des Broméliacées. Ce tissu est produit par le méristème, très mince et translucide en haut de la tige dans ses parties les plus jeunes il est plus épais et subérisé dans les parties basses. Il est formé d'un réseau très anastomosé de tissu vasculaire dont sont issues les racines adventives et dans lequel le xylème l'emporte largement sur le phloème. Par les mailles de ce filet passent les faisceaux vasculaires alimentant les feuilles ; ils forment un système très complexe, complètement interconnecté et très subérisé. Cette subérisation explique la très grande résistance des vieilles tiges d'ananas aux interventions mécaniques lors de la destruction d'une parcelle, puis aux actions microbiennes après l'enfouissement des résidus.

L'interconnection complète des systèmes vasculaires assure la répartition dans la plante des éléments absorbés au niveau d'une racine ou des composés formés au niveau d'une feuille. Cependant, il a été prouvé (GAUDIN, 1981) que sur un temps court les racines alimentaient préférentiellement certaines feuilles ; le nombre de celles-ci étant moins restreint pour les racines du deuxième flux d'émission que pour celles du premier (cf. I.3.3.2).

Par sa richesse en amidon — 11 % de la matière fraîche (cf. III.2) — la tige apparaît comme un organe de réserve. Cette fonction, très mal connue, peut intervenir à plusieurs niveaux dans :

- la possibilité qu'a la plante de rentrer en vie ralentie dès que les conditions sont défavorables. L'exemple extrême en est la très longue survie des rejets séparés de la plante-mère,
- l'élaboration du fruit ; cette intervention est cependant fonction des conditions écologiques et peut être assez modeste,
- les premiers stades du développement des rejets.

La tige porte le méristème terminal à son sommet et des méristèmes axillaires. Le méristème terminal a dans sa forme végétative l'aspect d'un dôme relativement large (KRAUSS, 1948). La tunica ne comporte qu'une couche cellulaire alors que le corpus en comprend de une à trois (WEE et RAO, 1979). L'anneau méristématique est souvent diffus. Un îlot de cellules reste méristématique dans l'axe de chaque feuille et forme ultérieurement les bourgeons axillaires. Ceux-ci acquièrent par la suite un aspect variable en fonction de leur hauteur d'insertion sur la tige. Ils sont recouverts d'une profeuille ou prophylle à forme de capuchon et de plusieurs écailles foliaires. Leur méristème est identique au méristème terminal de la tige dans sa forme végétative.

I. 3.1.2. — Les feuilles

Les feuilles d'une plante adulte, au nombre de 70 à 80, sont disposées en rosette suivant une phyllotaxie 5/13. Elles ont une forme lancéolée très allongée. Leur longueur maximale peut dépasser 100 cm et leur largeur 7 cm. Leur insertion au niveau de la tige se fait sur environ les 2/3 de sa circonférence.

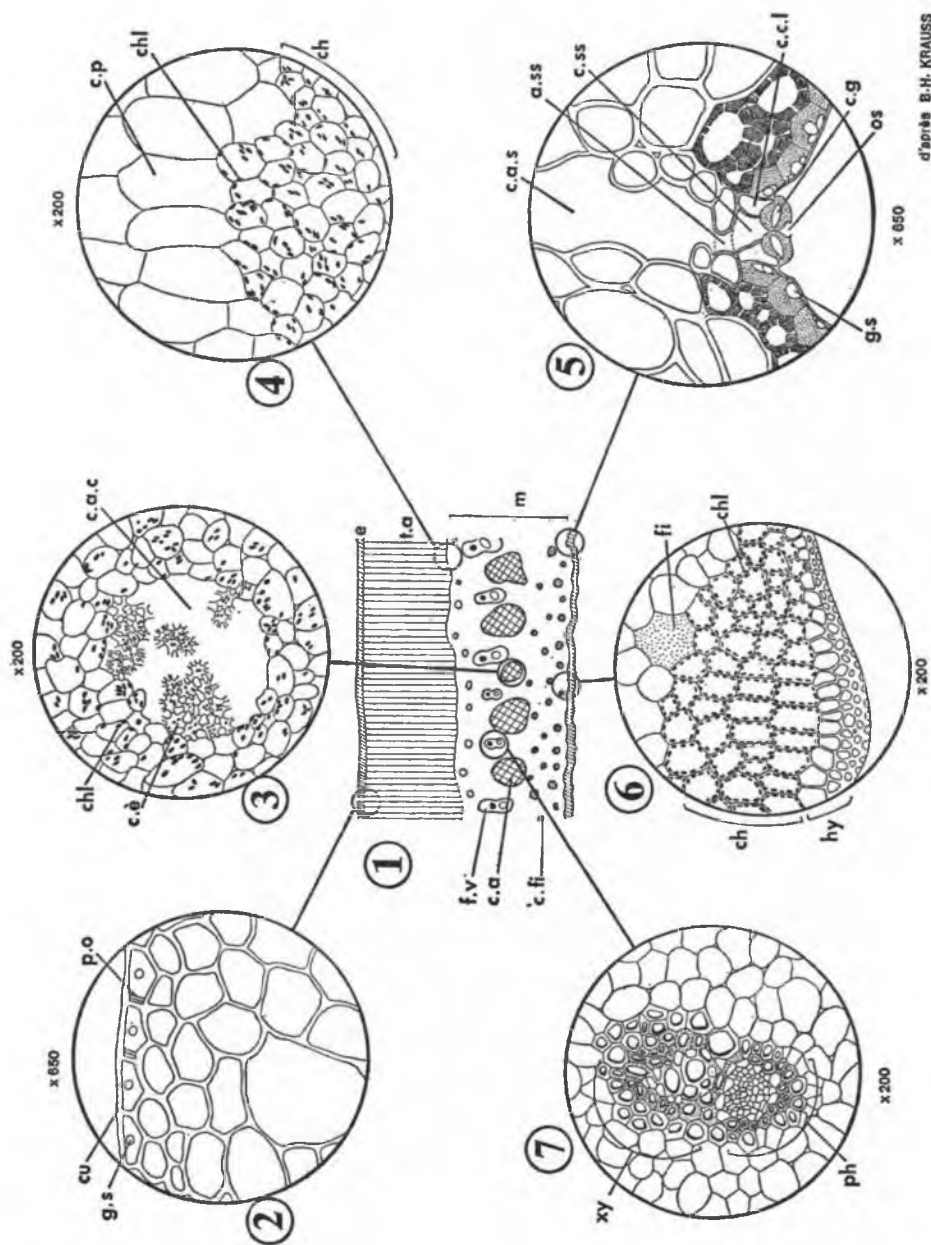
Les épines sont plus ou moins nombreuses suivant les variétés (cf. I. 2.2). Chez Cayenne lisse, elles sont en général limitées à la pointe de la feuille mais peuvent être plus abondantes pour les feuilles différenciées au cours de périodes à croissance médiocre.

En fonction des conditions écologiques, climatique et nutritionnelle en particulier, la coloration du feuillage est assez variable du jaune pâle au vert-bleu foncé. Les anthocyanes présents dans l'épiderme de la face supérieure sont plus ou moins abondants suivant les variétés. Une teinte jaune rouge, accompagnée d'une perte de turgescence, peut apparaître lorsque l'alimentation hydrique est insuffisante, en particulier par suite d'une trop faible disponibilité en eau ou d'une déficience du système racinaire.

La configuration générale du système foliaire, ainsi que son anatomie interne, répondent essentiellement aux contraintes de l'adaptation à la sécheresse et au métabolisme crassulacéen. Le faible rendement de ce dernier est contrebalancé par une surface foliaire totale élevée : environ 2,2 m² pour un plan de 3.600 g (Py, 1959 a).

FIG. 8. — ANATOMIE DE LA FEUILLE :

1. *Coupe transversale schématique d'une feuille* :
c.a : canal d'aération ; c.f : cordon de fibres ; e : épiderme ; f.v : faisceau vasculaire ; m : mésophylle ; t.a : tissu aquifère.
2. *Épiderme supérieur* :
cu : cuticule ; g.s : grain de silice ; p.o : paroi ondulée.
3. *Canal aérien* :
c.a.c : canal aérien central ; c.e : cellule étoilée ; chl : chloroplaste.
4. *Limite inférieure du tissu aquifère* :
ch : chlorenchyme ; chl : chloroplaste ; c.p : cellule palissadique du tissu aquifère.
5. *Stomate* :
a.ss : anneau sous-stomatique ; c.a.s : canal aérien secondaire ; c.c.l : cellule compagne latérale ; c.g : cellule de garde ; c.s.s : chambre sous-stomatique ; g.s : grain de silice ; os : ostiole.
6. *Hypoderme et mésophylle* (trichomes non représentés) :
ch : chlorenchyme ; chl : chloroplaste ; fi : fibres ; hy : hypoderme.
7. *Faisceau vasculaire* (mésophylle sans chloroplastes) :
ph : phloème ; xy : xylème.



d'après B.H. KRAUSS

L'échauffement du système foliaire est diminué par sa configuration spatiale, qui permet une ventilation importante, et par le port érigé des feuilles en croissance, qui reçoivent de ce fait les rayons solaires sous un angle d'incidence faible (Fig. 6). Les températures de surface peuvent cependant être très élevées — 43° C — et le gradient thermique des feuilles important (AUBERT et BARTHOLOMEW, 1973). La coloration argentée de la face inférieure des feuilles augmente leur réflectance et contribue ainsi à éviter un échauffement excessif en cas d'intense rayonnement solaire.

L'imbrication des feuilles autour de la tige crée autant de petits réservoirs pouvant recueillir pluie, rosée ou pulvérisations d'engrais. Dans un plant adulte, le volume d'eau susceptible d'être retenu dans le cœur du plant et à l'aisselle des feuilles est supérieur à 50 ml. Ce fait est d'autant plus important que la solution recueillie peut être absorbée, soit par les racines adventives se trouvant à la base des vieilles feuilles, soit directement par l'épiderme de la zone non chlorophyllienne de la feuille (KRAUSS, 1948 ; LINSBAUER, 1911 ; MARCHAL et PINON, 1980).

La limitation des pertes en eau est obtenue par des particularités au niveau de l'épiderme, des trichomes et des stomates (KRAUSS, 1948). (Fig. 8).

L'épiderme de la face supérieure est étanche. Ses cellules sont recouvertes d'une épaisse cuticule, qui protège non seulement leur côté extérieur, mais également leurs faces latérales et intérieure. Sous l'épiderme, se trouve une couche unique de cellules, dont la plus grande dimension est perpendiculaire à l'axe de la feuille et qui, par l'intime cohésion de leurs parois épaissies et ondulées, assurent à la feuille une grande rigidité, même en cas de dessèchement (SANFORD, 1962). Ces cellules présentent des grains de silice, dont le rôle pourrait être de réfléchir ou focaliser la lumière (TOMLINSON, 1969).

L'épiderme inférieur est constitué de façon similaire, mais il est finement ondulé, suivant des axes parallèles à celui de la feuille, et les parois cellulaires sont plus minces. Il est en outre complètement recouvert par des trichomes qui sont des poils écailleux pluricellulaires en forme de champignon, constitués d'un pied et d'un chapeau dont la partie centrale tendra à se creuser en devenant mature comme le font certaines espèces de champignons (cf. photos 8, 9 et 10 et figure 27). Ces poils sont caractéristiques des Broméliacées (KRAUSS, 1948 ; BENZING, 1976) et ce sont eux qui donnent à la face inférieure de la feuille d'ananas sa couleur argentée caractéristique. Ils sont présents également sur la face supérieure mais à une densité bien plus faible et avec un faciès légèrement différent. Les cellules du chapeau sont toujours des cellules mortes, par contre certaines cellules du pied sont encore vivantes dans les trichomes jeunes de la partie blanche de la feuille. Ces poils pourraient jouer un rôle dans l'absorp-

tion des solutions qui s'accumulent à la base des feuilles (LINSBAUER, 1911). Bien que leur intervention directe n'ait jamais été prouvée, des études d'anatomie intracellulaire (SAKAI et SANFORD, 1980) ont montré qu'ils disposaient de l'appareil nécessaire pour absorber aussi bien l'eau que les éléments nutritifs dissous.

Lorsque l'épiderme est sec, les écailles des trichomes sont érigées mais lorsque la feuille est humectée, elles viennent s'aplatir sur l'épiderme. Ce phénomène pourrait provoquer l'obstruction des stomates et être à l'origine de l'arrêt provisoire de l'absorption nocturne du CO_2 survenant juste après une pluie (TEISSON, 1979 a). La limitation par les trichomes des échanges gazeux, et en particulier de vapeur d'eau est certaine mais elle serait faible par rapport à celle due à la résistance stomatique (BARTHOLOMEW, 1975).

L'anatomie des stomates de l'ananas lui permet en effet de présenter une transpiration très faible (cf. I.3.2.2). Les stomates se trouvent uniquement sur la face inférieure des feuilles, au fond des sillons de l'épiderme, et à une densité relativement faible : $80/\text{mm}^2$. Leurs dimensions sont modestes et leur ouverture varie de 0 à $30 \mu^2$ (AUBERT et DE PARCEVEAUX, 1969). Les cellules stomatiques sont bordées de cellules compagnes, qui forment, sous l'ostiole, un anneau sous-stomatique, et dans ces conditions, le canal atteint une profondeur de 20 à 30μ .

Les feuilles des ananas, comme toutes celles des Broméliacées, se caractérisent par la présence d'un tissu aquifère très développé sur la face adaxiale. Ce tissu apparaît comme une couche translucide, dont l'épaisseur, variable en fonction des conditions édaphiques et climatiques (NIGHTINGALE, 1936), représente en moyenne la moitié de celle de la feuille. Il est formé de grosses cellules palissadiques emplies d'un mucilage très aqueux. En cas de déficit hydrique, ces cellules peuvent se vider de leur eau en s'affaissant comme des accordéons, mais elles reprennent très rapidement leur volume initial dès que la situation redevient normale.

Cette succulence, propre à toutes les plantes crassulacéennes évite un changement trop brutal du métabolisme en cas de sécheresse partielle (NEALES *et al.*, 1968). Elle explique la masse surfacique très élevée des feuilles d'ananas : jusqu'à $230 \text{ mg}/\text{cm}^2$ (AUBERT, 1973). Le tissu aquifère contribue par ailleurs à la rigidité des feuilles et pourrait protéger le mésophylle chlorophyllien sous-jacent d'un excès de lumière.

Le mésophylle est constitué de cellules le plus souvent globuleuses et agencées de façon assez lâche. Les chloroplastes sont dans la plupart des cas disposés le long des parois cellulaires, ils peuvent être également éparpillés ou totalement absents comme c'est le cas dans les cellules bordant les faisceaux vasculaires.

Dans le mésophylle se trouve un aëremchyme constitué par un

véritable réseau de canaux aériens particulièrement développés dans la partie basale de la feuille. Les canaux centraux au nombre d'une centaine par feuille alternent avec les faisceaux conducteurs. Ils sont reliés aux stomates par des canaux secondaires souvent difficiles à distinguer. Ce tissu a pour fonction essentielle de relier toutes les parties du mésophylle avec l'atmosphère extérieure et de régulariser par ses possibilités de stockage les différents échanges gazeux. Les canaux centraux contiennent des cellules particulières en forme d'étoile qui jouent un rôle assimilateur dans la partie chlorophyllienne de la feuille.

Les feuilles contiennent des cordons de fibres, spécifiques de l'ananas et de quelques autres espèces voisines. Ils sont constitués de cellules sclérenchymateuses et confèrent à la feuille une grande résistance à la torsion.

I. 3.1.3. Les racines

Les racines primaires, d'origine embryonnaire, n'existent que dans les plants issus de semis. Celles que l'on peut observer habituellement sont donc des racines adventives issues du tissu richement vascularisé séparant le cylindre central et l'écorce de la tige (cf. I. 3.1.1).

Les primodium racinaires sont visibles à moins d'1 cm du méristème terminal et les racines émergent de la tige à moins de deux centimètres plus bas au niveau des entrenœuds en étant déjà partiellement subérisées.

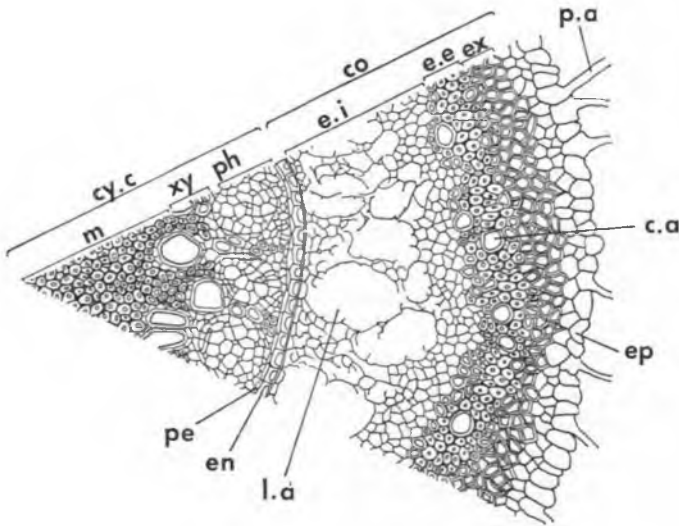
Les racines qui ont l'origine la plus ancienne sont les plus basses ; elles se développent dans le sol et se ramifient, mais modérément, en racines secondaires et tertiaires pour former le système racinaire souterrain. Leur longueur peut être de 2 m mais elles n'atteignent qu'exceptionnellement 85 cm de profondeur (KRAUSS, 1949). La sensibilité des racines d'ananas aux contraintes physiques (cf. I. 4.1.2) explique en général mieux qu'un faible géotropisme leur caractère superficiel. Le nombre de racines souterraines tout au moins dans les premiers mois dépend du poids et de la nature du matériel de plantation. Il est d'autant plus élevé que le rejet planté est lourd et les couronnes émettent nettement plus de racines que les rejets (cf. I. 3.3.2).

L'activité et la vie des racines souterraines sont en général limitées par des conditions externes défavorables : parasites ou conditions physiques du sol. Les racines les plus jeunes émergent de la tige entre les feuilles vivantes ; elles sont contraintes à s'enrouler sans se ramifier tout autour de la tige ; elles ne dépassent pas 10 cm de longueur et sont fortement subérisées (KRAUSS, 1949).

Les systèmes racinaires aérien et souterrain jouent tous deux un rôle dans l'absorption de l'eau et des éléments minéraux (BARTHO-

LOMEW et KADZIMIN, 1977 ; MARCHAL et PINON, 1980). Leur importance relative est cependant mal connue et doit être fonction des conditions extérieures.

L'anatomie des racines est décrite par la figure 9 empruntée à KRAUSS (1949). Le trait le plus caractéristique est la présence dans la partie externe du cortex de véritables canaux aérifères issus de la jonction bout à bout de cellules particulières emplies de raphides et



d'après B. H. KRAUSS

FIG. 9. — COUPE TRANSVERSALE D'UNE RACINE :

c.a : canaux d'aération ; co, cortex ; cy.c : cylindre central ;
e.e : écorce externe ; e.i : écorce interne ; en : endoderme ;
ep : épiderme ; ex : exoderme ; l.a : lacune aérienne ;
m : moelle ; p.a : poil absorbant ; pe : péricycle ;
ph : phloème ; xy : xylème.

dans sa partie interne de lacunes aériennes formées par la disparition d'îlots de cellules à parois minces. Cet ensemble donne aux racines un aspect typique de moelle.

Ce système aérifère jouerait un rôle dans les échanges gazeux de la plante (ABELES, 1924) ce qui pourrait expliquer le fait que l'efflux diurne du CO_2 consécutif à l'activité respiratoire est facilement mis en évidence par mesures sur plants entiers mais pas sur feuille isolée (NEALES *et al.*, 1980).

Les poils absorbants sont formés juste derrière la zone d'élongation ; ils ont une vie très brève mais persistent même après leur des-

sèchement. Leur formation semble, d'après les observations réalisées en culture hydroponique, très strictement dépendante de l'approvisionnement en oxygène des racines. Cette dépendance explique sans doute la sensibilité de l'ananas aux conditions asphyxiques du sol.

Les racines d'ananas sont généralement, mais à des degrés divers, colonisées par des mycorhizes à vésicules arbuscules semblant appartenir au genre *Glomus* de la famille des Endogonacées (MOURICHON, 1981) (photos 12 et 13). Ces endomycorhizes, largement répandues dans le monde végétal tempéré et tropical, ont bien souvent un effet stimulant sur la croissance des plantes. Celui-ci résulte d'une amélioration de la nutrition minérale et en particulier phosphorique et dans certains cas de la prévention d'infections fongiques pathogènes.

I. 3.1.4. — Les rejets

La couronne, bien que formée par le méristème terminal, peut être considérée comme un rejet puisqu'elle est séparée du pied-mère pour être replantée. Comparativement au plant adulte et aux autres rejets, elle a une tige très ramassée, des feuilles courtes et très nombreuses : jusqu'à 150.

Les autres rejets sont issus de bourgeons axillaires situés à l'aisselle de chaque organe foliaire. Bien que leur développement ne débute en général qu'après la différenciation florale et que nombre d'entre eux restent dormants, ils constituent le matériel de plantation le plus abondant. On distingue (Fig. 10) :

— Les rejets ou cayeux (« Suckers ») qui prennent naissance sur la tige en général dans sa partie aérienne, plus rarement dans sa partie souterraine (rejet souterrain ou « ground sucker »). La base du cayeux a un aspect typique en bec de canard (Fig. 11). Les rejets souterrains, gênés dans leur croissance par le plant mère, sont nettement recourbés et portent des feuilles longues et étroites.

— Le hapa qui se différencie essentiellement du cayeux par son insertion très haute : dans la zone de transition entre la tige et le pédoncule.

— La bulbille (ou « slip ») qui se développe à l'aisselle des bractées sur le pédoncule et présente à sa base un renflement prononcé. Les bulbilles peuvent être plus ou moins nombreuses et insérées plus ou moins haut sur le pédoncule (cf. « collar of slips », Chap. I. 2.1.3). Les bulbilles ont une tige et des feuilles plus courtes et une rosette foliaire plus élargie que les cayeux. Elles présentent donc une conformation intermédiaire entre ces derniers et la couronne.

Les couronnes et les bulbilles ont sur le pied-mère un développement limité qui s'interrompt vers la maturité du fruit. En fonction



PHOTO 14. — Différentes espèces d'ananas sauvages existant au Brésil. De gauche à droite (suivant la dernière clef de Smith L.B.) : *A. nanus*, *A. bracteatus*, *A. ananassoides*, *A. erectifolius*, *Pseudananas sagenarius*. (Cliché Giacomelli).

Cultivars du groupe « Queen »
Cultivar 'Victoria'

PHOTOS 15 et 16. — Inflorescence et fruit.

(Cliché Aubert).



PHOTO 17. — Formation des cayeux après la première fructification.



PHOTO 18. — La 2^e récolte.

(Clichés Vuillaume).

Autres cultivars

PHOTO 19. — « Pérola » (groupe « Pernambuco »).
(Cliché Giacomelli)

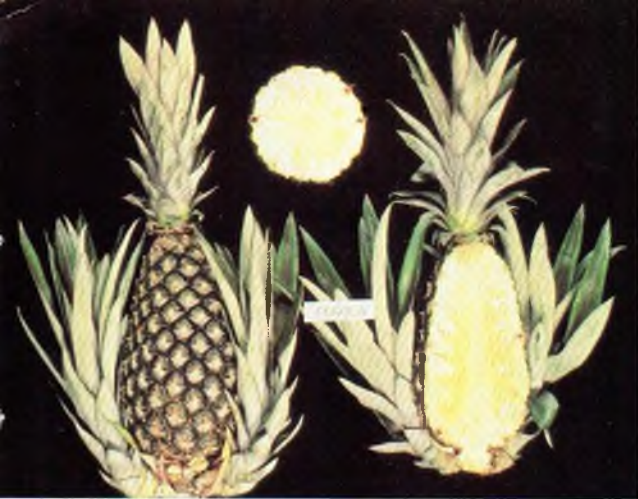


PHOTO 20. — « Perolera » (groupe « Perolera »).
(Cliché Py)



PHOTO 21. — * Singapore Spanish * du groupe
« Spanish ».
(Cliché Py).



Cultivar Cayenne Lisse
(Le plus cultivé dans le Monde)

PHOTOS 22 et 23. — Coupe longitudinale de la plante - son système racinaire.
(Clichés Py).



PHOTOS 24 et 25. — L'inflorescence et le fruit.
(Clichés Teisson et Giacomelli).



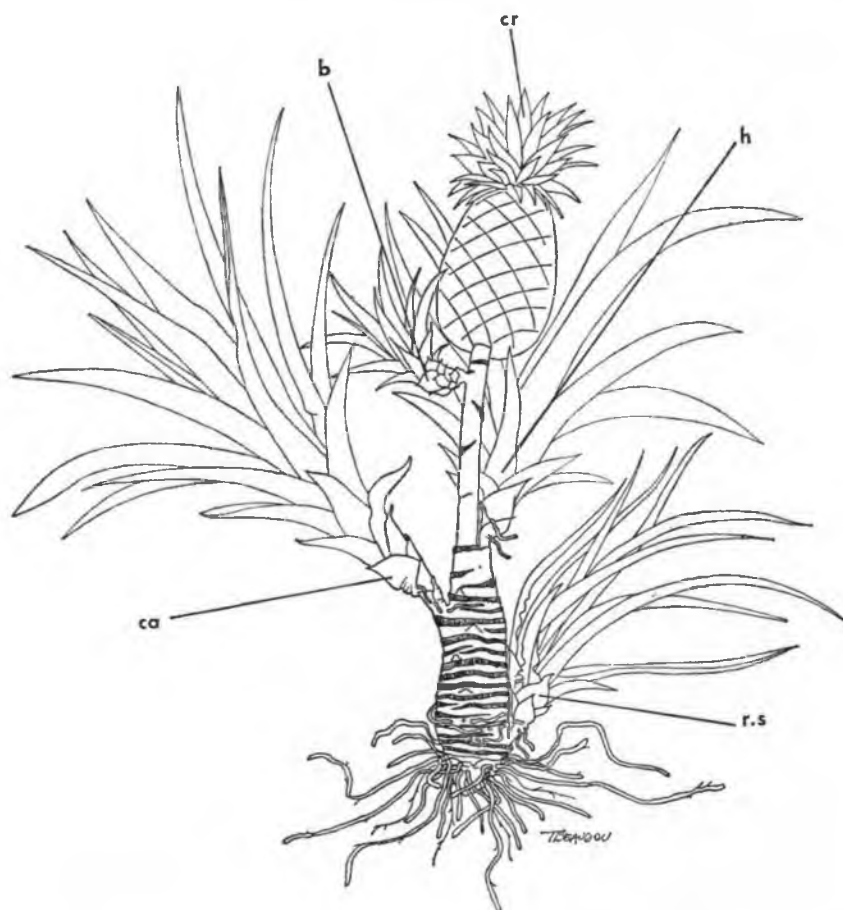


FIG. 10. — Différents types de rejet : rs : rejet souterrain ; ca : cayeux ; h : happa ; b : bulbille ; cr : couronne.

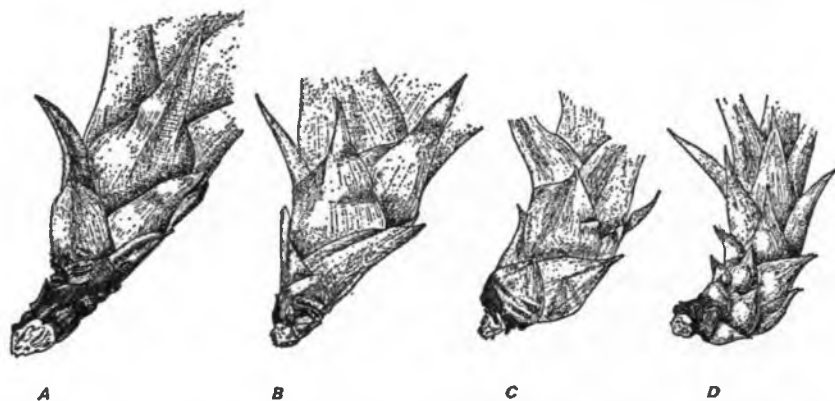


FIG. 11. — Base des rejets en fonction de la hauteur de leur insertion sur la tige : A : cayeux ; B et C : happa ; D : bulbille.

des variétés et des conditions écologiques, le poids de la couronne peut varier de 50 à plus de 500 g, celui des bulbilles de 20 à 300 g.

Les cayeux et les hapas par contre poursuivent leur développement sur le pied-mère, leur taille et leur poids dépendent donc du moment où ils sont récoltés. Cf. I. 3.3.5.

I. 3.1.5. — L'inflorescence et le fruit

I. 3.1.5.1. — DESCRIPTION BOTANIQUE

L'anatomie des fleurs et des fruits a été décrite par OKIMOTO (1948).

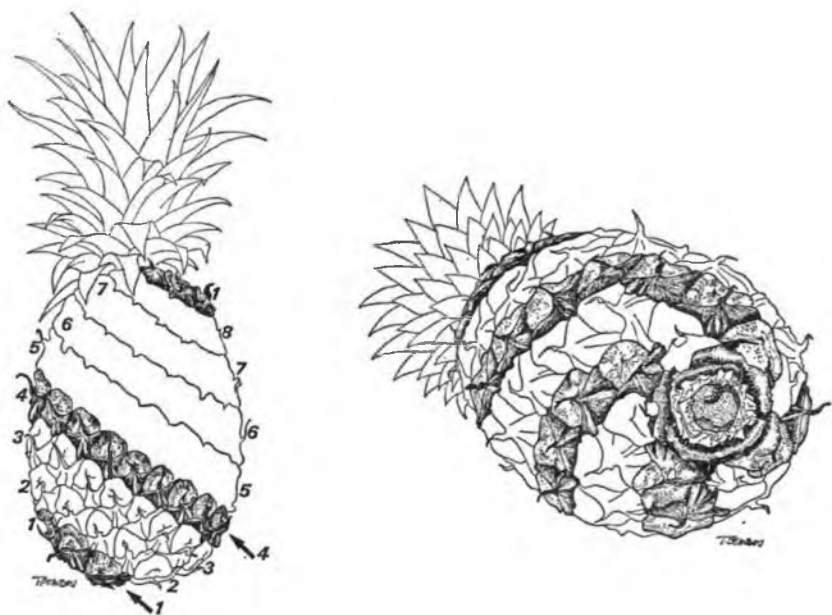


FIG. 12. — Les huit spirales de fruits élémentaires constituant le syncarpe.

L'inflorescence de l'ananas est constituée par une grappe soudée pouvant comprendre plus d'une centaine de fleurs individuelles sessiles disposées en huit spirales (Fig. 12 et photo 24), suivant une phyllotaxie de $8/21$, autour d'un axe ou cylindre central qui n'est qu'un simple prolongement du pédoncule.

La fleur, hermaphrodite, est du type trimère avec trois sépales, trois pétales, six étamines et un pistil tri-carpellaire à ovaire infère (Fig. 13 et 14). Elle est entourée dans sa partie inférieure par une bractée dont la base est épaissie et la pointe très effilée. Les pétales ligu-

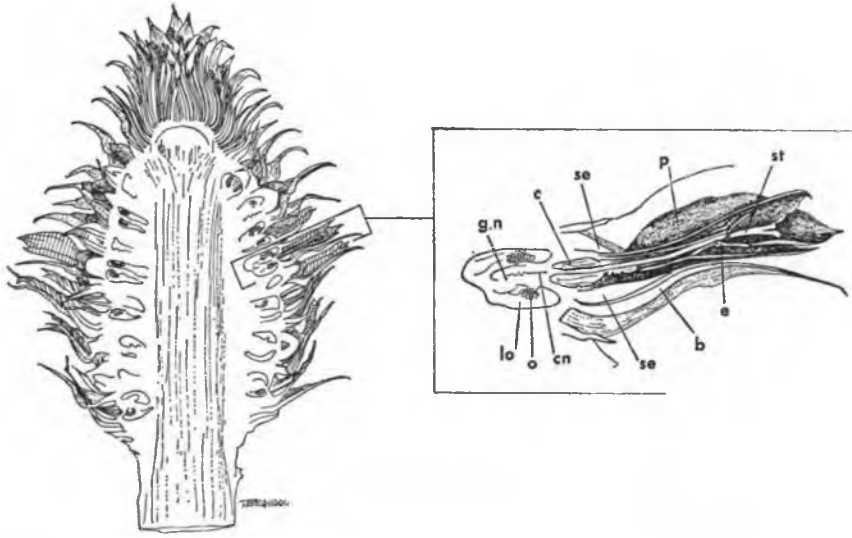


FIG. 13. — COUPE LONGITUDINALE D'UNE FLEUR :

b : bractée ; c : cupule ; c.n : canal nectarifère ; e : étamine ; g.n : glande nectarifère ; lo : locule ; o : ovule ; p : pétale ; se : sépal ; st : style.

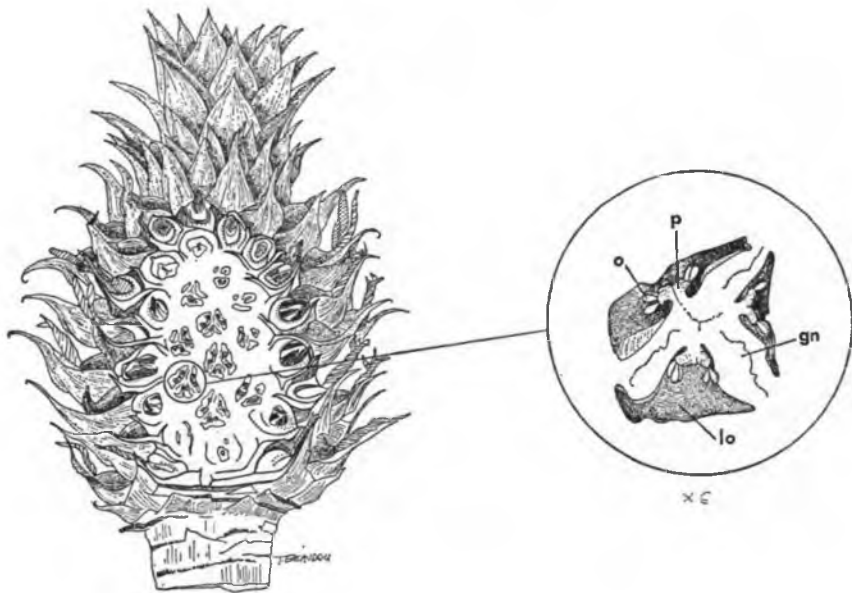


FIG. 14 : COUPE TRANSVERSALE D'UN OVAIRE AU NIVEAU DU PLACENTA :

g.n : glande nectarifère ; lo : locule ; p : placenta ; o : ovule.

lifformes, de couleur bleu pourpre à mauve, portent sur leur face adaxiale des écailles dont la forme exacte contribue à classer les espèces du genre *Ananas*. Les placentas et les ovules — dont le nombre peut atteindre la cinquantaine — sont contenus dans trois cavités profondes : les locules. Trois glandes nectarifères séparent ces locules, elles présentent une étroite cavité centrale et débouchent par trois canaux défférents à la base du style. Ces canaux représentent une importante voie de pénétration pour de nombreux pathogènes (cf. I. 4.2.1.3) bien qu'après l'épanouissement des fleurs, ils soient lignifiés et obstrués par un thylle (GUEROUT, 1974 a). La production de nectar peut être très abondante mais n'a lieu que pendant l'anthèse. Les fleurs sont normalement autostériles et le développement du fruit est parthénocarpique.

Le fruit (Photo 25) est un syncarpe formé par la fusion de tous les fruits individuels issus de chacune des fleurs. Le nombre de ces fruits individuels est au sein d'une même variété le premier des facteurs déterminant le poids du fruit. Celui-ci peut être extrêmement variable et atteindre 6 kg pour la Cayenne lisse et 12 kg pour d'autres variétés.

La majorité des tissus floraux ainsi que ceux du cylindre central deviennent charnus et comestibles. A la suite de cette évolution les limites entre les différents tissus ne sont plus discernables (Fig. 15). Parmi les pièces florales seuls le pistil, les étamines et les pétales ne contribuent pas à la formation du fruit : ils se flétrissent sans qu'il y ait abscission. Leurs résidus se trouvent enfermés dans une coupe, la cupule (ou « blossom cup ») recouverte par les sépales charnus. La cupule est fortement lignifiée mais présente de nombreuses craquelures par où peuvent pénétrer des agents pathogènes (GUEROUT, 1974 a). Les sépales sont recouverts en grande partie par la bractée dont l'extrémité incurvée vers le haut est parcheminée. Les faces extérieures des fruits individuels déterminent les yeux de l'ananas.

Les locules, du fait du développement des tissus adjacents, deviennent étroits mais disparaissent rarement.

Après la phase florale, l'apex redifférencie des structures végétatives et le fruit est surmonté d'un organe végétatif : la couronne. Les feuilles de la couronne très nombreuses sont à nouveau disposées suivant la phyllotaxie de 5/13.

Le pédoncule prolonge la tige du plant ; son diamètre est en général inférieur au dixième de sa hauteur. Ces dimensions sont importantes à prendre en considération, les risques de verse du fruit à maturité pouvant être importants. Le pédoncule ne présente pas de zone d'abscission.

L'axe de l'inflorescence forme le « cœur » du fruit. Son diamètre légèrement supérieur à celui du pédoncule est fonction de la variété de la nutrition minérale et augmente avec le poids du fruit. Un dia-

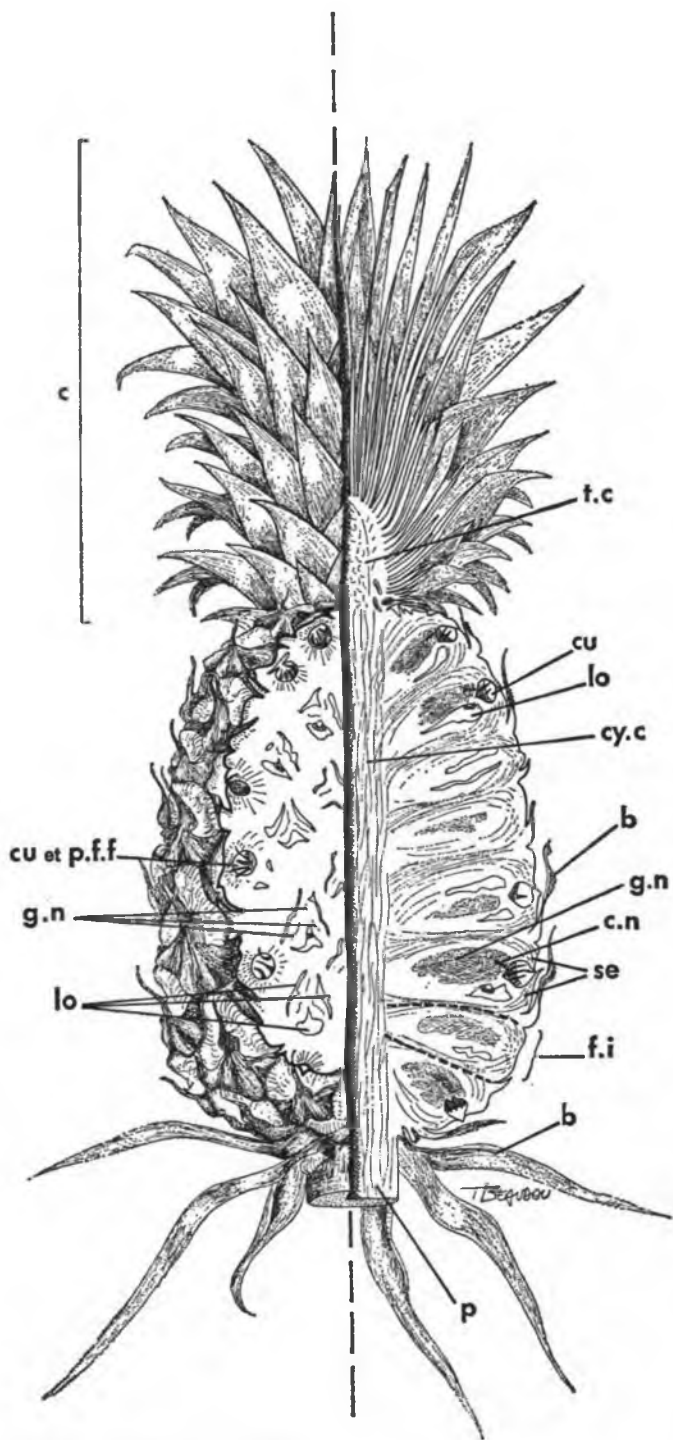


FIG. 15. — FRUIT À MATURITÉ :

- à droite : coupe longitudinale médiane ;
- à gauche : coupe longitudinale tangentielle.
- b : bractée ; c : couronne ; c.n : canal nectarifère ; cu : cu-
- pule ; cy.c : cylindre central ; f.i : fruit individuel ; g.n.
- glande nectarifère ; lo : locule ; p : pédoncule ; p.f.f : pièces
- florales ; se : sépales ; t.c : tige de la couronne.

mètre trop important est préjudiciable à la qualité des tranches produites en conserverie.

I. 3.1.5.2. — COMPOSITION

La composition chimique des ananas Cayenne lisse d'après DULL (1971) et TEISSON (1977) est donnée dans le tableau 8.

Les éléments essentiels pour la qualité organoleptique des fruits sont les sucres et les acides organiques. Du fait de la structure hétérogène du fruit ces composés sont répartis très inégalement (HUET, 1958). Le haut du fruit est toujours moins sucré que le bas alors que pour un même niveau la zone médiane l'est plus que le cylindre central ou la zone sous-épidermique. L'ananas ne contient pas d'amidon. L'acidité titrable augmente du bas en haut du fruit mais surtout de l'intérieur vers l'extérieur. L'acidité libre représente environ 70 % de l'acidité totale. Le jus d'ananas est un milieu tamponné dont le pH est compris habituellement entre 3,7 et 3,9 (HUET, 1959).

Les acides aminés représentent 0,33 % du poids frais, l'asparagine et l'alanine sont les plus importants (DULL, 1971). La bromeline, enzyme protéolytique caractéristique des Broméliacées, constitue plus de la moitié des protéines du fruit (GORTNER et SINGLETON, 1965), elle a été purifiée pour la première fois par OTA *et al.* (1964). Divers systèmes enzymatiques ont été mis en évidence dans le fruit : pectine méthyle estérase et ascorbate oxydase (HUET, 1958) polygalacturonase (HOBSON, 1962) et surtout peroxydase et AIA oxydase (SINGLETON et GORTNER, 1965 ; TEISSON, 1977).

L'estérification des pectines jouerait un rôle important dans la résistance mécanique des parois cellulaires (DULL, 1971).

Les caroténoïdes de la pulpe et de la peau sont de nature différente ; la peau contient également des anthocyanes et des chalcones (GORTNER, 1965). La pigmentation est fortement variable en fonction des variétés.

Les composés phénoliques comprennent entre autres des esters des acides p. coumarique, ferrulique et caféique. Ce dernier, proche de l'acide chlorogénique, interviendrait dans le brunissement interne du fruit (DIEUDONNÉ, 1977) (cf. I. 4.1.4.3.5).

L'arôme de l'ananas résulte de la présence de nombreux constituants volatiles. FLATH et FORREY (1970), NAF-MULLER et WILLHALM (1971) ont identifié 59 composants dans la fraction volatile légère ; principalement des esters aliphatiques. Cependant des recherches sont encore nécessaires pour identifier les composés de masse moléculaire plus élevée, souvent responsables de l'arôme typique des fruits.

TABLEAU 8

Composition de la pulpe pour 100 g de poids frais

Eau	80 à 86,2 g	
Sucres	10 à 18 g	En degré Brix. Teneur réelle en sucres estimables par la formule. Sucres en % = Degré Brix - 0,192 acidité en m.e.q.% - 68 % saccharose - 18 % glucose - 14 % fructose.
Acides Organiques	0,5 à 1,6 g	En équivalent d'acide citrique, soit 7 à 22 m.e.q./100 ml de jus. Environ 60 % d'acide citrique, 36 % d'acide malique, traces d'acides succinique, oxalique et non identifiés. (CHAN et al. 1973)
Cendres	0,3 à 0,6 g	
Pigments	0,16 à 0,32 g	Xanthophylles mais essentiellement caroténoïdes
Azote total	45 à 120 mg	
Protéines	180 mg	

<u>ELEMENTS MINERAUX</u> en mg.	PULPE (DULL 1971)	JUS (MARCHAL 1974)
Azote	0 à 120	30 à 50
Calcium	7 - 16	3 à 7,5
Chlore	46	
Fer	0,3	0,05 à 0,15
Iode	0,006 à 0,107	
Magnésium	11	10 à 19
Manganèse	0,03	0,1 à 0,2
Phosphore	6 à 21	3,8 à 7
Potassium	11 à 330	120 à 160
Silice	11 à 69	
Sodium	14	
Soufre	7	

VITAMINES : en µg.	
Acide ascorbique	3 à 25
Acide P. aminobenzoïque	17 à 22
Acide folique	2,5 à 4,8
Niacine	200 à 280
Acide panthoténique	75 à 163
Vitamine A (en alcool)	0,02 à 0,04
Thiamine	69 à 125
Riboflavine	20 à 88
B6	10 à 140

I. 3.2. — LE MÉTABOLISME CARBONÉ DE L'ANANAS

L'ananas est un exemple unique parmi les végétaux cultivés à très grande échelle de plante à métabolisme crassulacéen. Ce métabolisme qui domine toute sa physiologie se retrouve dans au moins 14 genres de Broméliacées et dans toutes les espèces étudiées de Bromeliales et en particulier *Ananas comosus*, *sativus* et *ananassoïdes* (KLUGE et TING, 1978). Son existence, mise en évidence pour la première fois chez l'ananas par SIDERIS *et al.* (1948), peut être considérée comme un trait résiduel du caractère épiphyte ou nettement xérophyte des ancêtres de ce genre.

L'assimilation du CO_2 atmosphérique se fait dans toutes les plantes par carboxylation diurne du ribulose biphosphate (MOYSE, 1976). Cette réaction correspond à la fixation primaire du CO_2 dans la majorité des végétaux ; c'est le métabolisme carboné classique en C3.

Chez certaines graminées d'origine tropicale ou subtropicale, la fixation primaire, toujours diurne, a lieu par la β -carboxylation du phospho enolpyruvate. Les composés tetracarbonés formés — oxaloacétate puis malate ou aspartate — sont immédiatement décarboxylés et le CO_2 libéré est alors incorporé au ribulose biphosphate. C'est le métabolisme carboné du type C4.

Dans un troisième groupe de végétaux, l'ensemble du mécanisme mis en jeu est comparable au précédent mais les deux cycles sont nettement séparés dans le temps : la fixation primaire est essentiellement nocturne et le malate accumulé n'est décarboxylé que dans la phase diurne suivante. C'est le métabolisme crassulacéen (ou CAM : « Crassulacean acid metabolism ») schématisé dans la fig. 16. Il se trouve dans des plantes adaptées aux conditions désertiques ou à des régimes hydriques irréguliers. Les stomates, ouverts la nuit, sont fermés le jour et permettent une absorption du CO_2 atmosphérique tout en réduisant au maximum les pertes d'eau. L'accumulation du malate nécessite des tissus succulents et se traduit par une acidification nocturne importante de ces tissus. Dans le cas de l'ananas, le malate peut atteindre 1 % du poids frais des feuilles (YOUNG in BARTHOLOMEW et KADZIMIN, 1977) ; la décarboxylation du malate emprunterait la voie passant par l'oxaloacétate (DALEY *et al.*, 1977, cf. fig. 16) et le pool des hexoses libres représenterait une forme d'accumulation aussi importante que l'amidon (CARNAL et BLACK, 1982). Ces deux modalités semblent originales par rapport aux autres plantes à métabolisme crassulacéen.

L'accumulation du malate ne représente cependant qu'une partie de la capacité photosynthétique des plantes à CAM qui peuvent, dans certaines conditions, fixer également le CO_2 de jour (OSMOND, 1978).

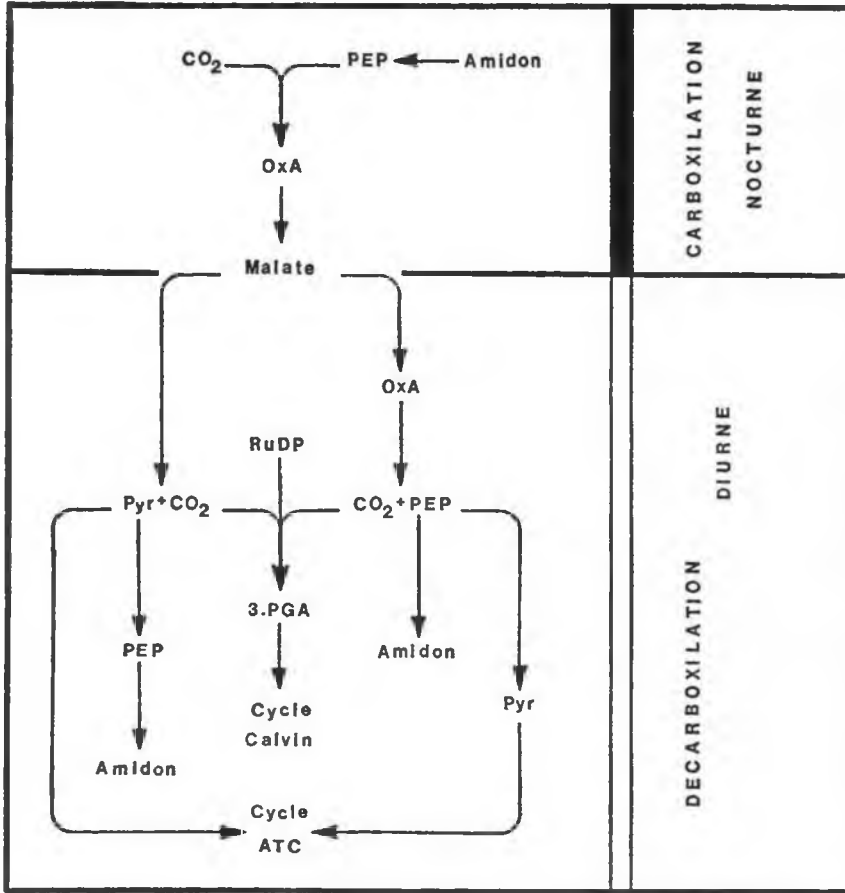


FIG. 16. — Représentation schématique du métabolisme crassulacéen. PEP : Phosphoenolpyruvate; Oxa : Oxaloacetate; RuDP : Ribulose di phosphate; Pyr : Pyruvate; 3-PGA : Phosphoglycerate; ATC : Cycle des acides tricarboxyliques.

L'ananas, classé par NEALES (1975) dans les plantes à métabolisme crassulacéen complet, est dans ce cas. L'étude du point de compensation de CO_2 , de la discrimination de l'incorporation du ^{13}C , et des phénomènes liés à la photorespiration (CREWS *et al.*, 1975), ont montré que les cycles du type C3 et C4 sont également utilisés par l'ananas.

Ainsi COMBRES (1979 a) considère, suivant un schéma classique aux plantes crassulacéennes (OSMOND, 1978), quatre phases dans la fixation du CO_2 par l'ananas :

- phase nocturne : absorption du CO_2 - stockage du malate ;
- début de la phase diurne : en fonction de l'heure de la ferme-

ture stomatique, poursuite possible de l'absorption du CO_2 , décarboxylation immédiate du malate : cycle en C4 ;

— milieu de journée : stomates fermés - décarboxylation du malate ;

— fin de journée : métabolisme du type C3 en fonction de la précocité d'ouverture des stomates.

L'importance relative de chacune de ces phases est, essentiellement par l'intermédiaire des mouvements stomatiques, sous la dépendance des facteurs climatiques.

I. 3.2.1. — Régulation du métabolisme carboné

I. 3.2.1.1. — ALIMENTATION HYDRIQUE

Le métabolisme crassulacéen permet la survie des plantes en condition aride et l'alimentation hydrique est le premier des facteurs déterminant la régulation du métabolisme carboné de l'ananas. Les autres données climatiques pourront agir de façon notable mais dans les limites qu'elle impose. On admet qu'une diminution de l'alimentation hydrique se traduit par une réduction de l'absorption du CO_2 , d'abord en fin, puis en début de journée ; l'absorption nocturne peut elle-même être diminuée dans les cas extrêmes (OSMOND, 1978) (Tableau 9).

TABLEAU 9

Métabolisme carboné et transpiration
en fonction de l'alimentation hydrique dans les plantes C A M
OSMOND 78

Potentiel de l'eau du sol bar	- 1	- 5	< - 50
Potentiel de l'eau de la plante bar	- 3	- 6	- 15
Echange CO_2 et H_2O . Nuit	+	+	+
Début de journée	+	+	-
Fin de journée	+	-	-
Variation malate % du maximum	100	50-80	25
Transpiration g H_2O /g CO_2	50-600	18-50	0
Taux de croissance g/m ² sol/jour	5-20	0,5-1,5	0

En conditions artificielles, CONNELLY (1972) a montré, qu'en fonction de la thermopériode, le CO_2 absorbé de nuit par l'ananas repré-

sente, sans déficit hydrique de 29 à 58 %, et avec déficit hydrique de 58 à 88 % de l'absorption journalière. Malgré cette importance relative le taux d'absorption nocturne est très faible (cf. Fig. 17).

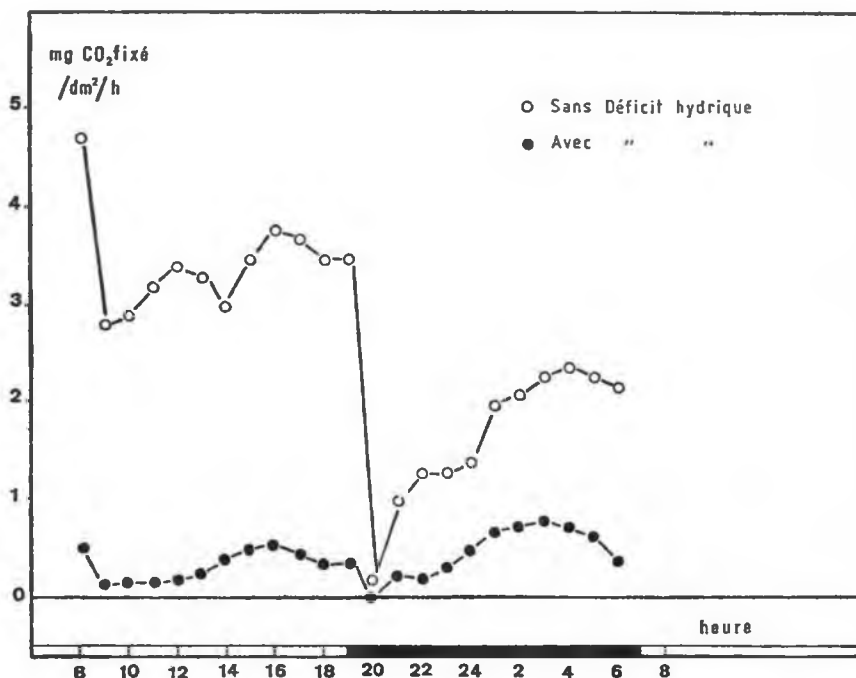


FIG. 17. — Effet du déficit hydrique sur l'assimilation de CO₂ en phase nocturne et diurne. Température diurne : 30° C. Température nocturne : 20° C. D'après CONNELLY, 1972.

I. 3.2.1.2. — THERMOPÉRIODE JOURNALIÈRE - TEMPÉRATURE

En l'absence de déficit hydrique c'est la thermopériode qui conditionne l'importance du métabolisme crassulacéen. CONNELLY (1972) et NEALES *et al.* (1980), opérant dans des conditions assez différentes et malgré quelques divergences quant à l'intensité de l'assimilation, ont montré que l'importance de la voie crassulacéenne était accrue par une thermopériode importante : cf. Fig. 18 et 19. Pour CONNELLY (1972), le pourcentage de CO₂ fixé la nuit est nul pour une température constante supérieure ou égale à 25° C et atteint, par exemple, 86 % pour une température diurne de 40° C et nocturne de 25° C (cf. Fig. 18). Pour des températures diurnes de 40° C et nocturnes de 15° C le métabolisme crassulacéen est strict.

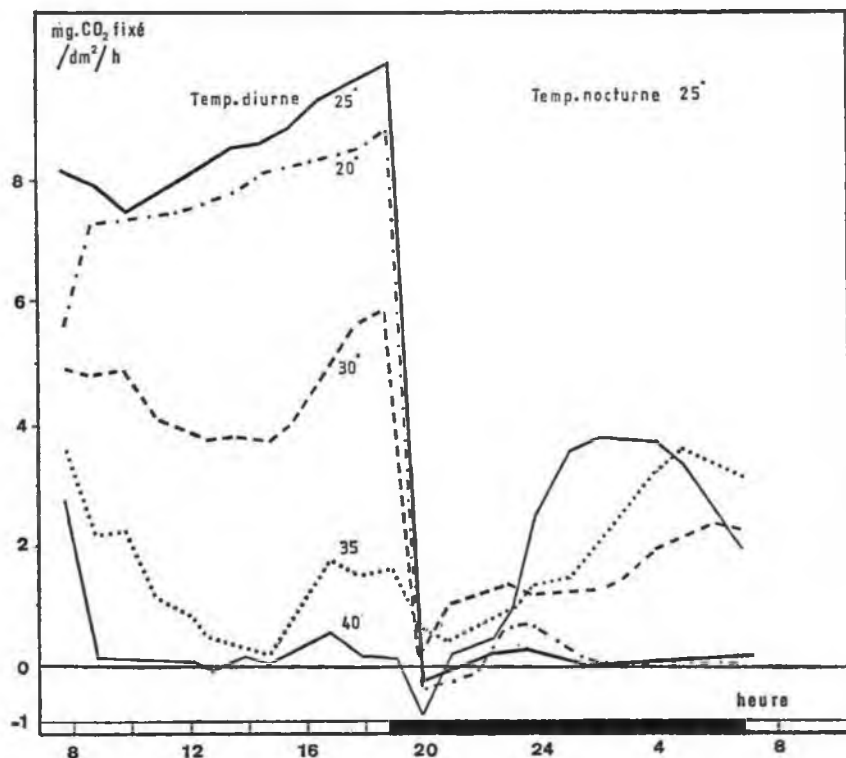


FIG. 18. — Effet de la thermopériode journalière sur le flux instantané de CO_2 . Température nocturne fixe de 25° . D'après CONNELLY (1972).

Au champ ce n'est évidemment pas la thermopériode enregistrée sous abri qui intervient mais celle du feuillage pour laquelle le vent et surtout le rayonnement global jouent un rôle prioritaire. La coloration du feuillage et la mauvaise dissipation de l'énergie foliaire radiative du fait de l'absence de transpiration diurne peuvent entraîner un échauffement important des feuilles fonction en particulier de leur position spatiale (fig. 6) (AUBERT et BARTHOLOMEW, 1973). La thermopériode des feuilles pourra donc être beaucoup plus importante que celle enregistrée sous abri.

I. 3.2.1.3. — RAYONNEMENT GLOBAL

Le rayonnement global agit directement sur les réactions de la photosynthèse mais aussi sur la température des feuilles.

Il existe un rayonnement minimal permettant la décarboxylation complète de l'acide malique accumulé pendant la nuit précédente. Cette décarboxylation est indispensable pour l'absorption pendant la

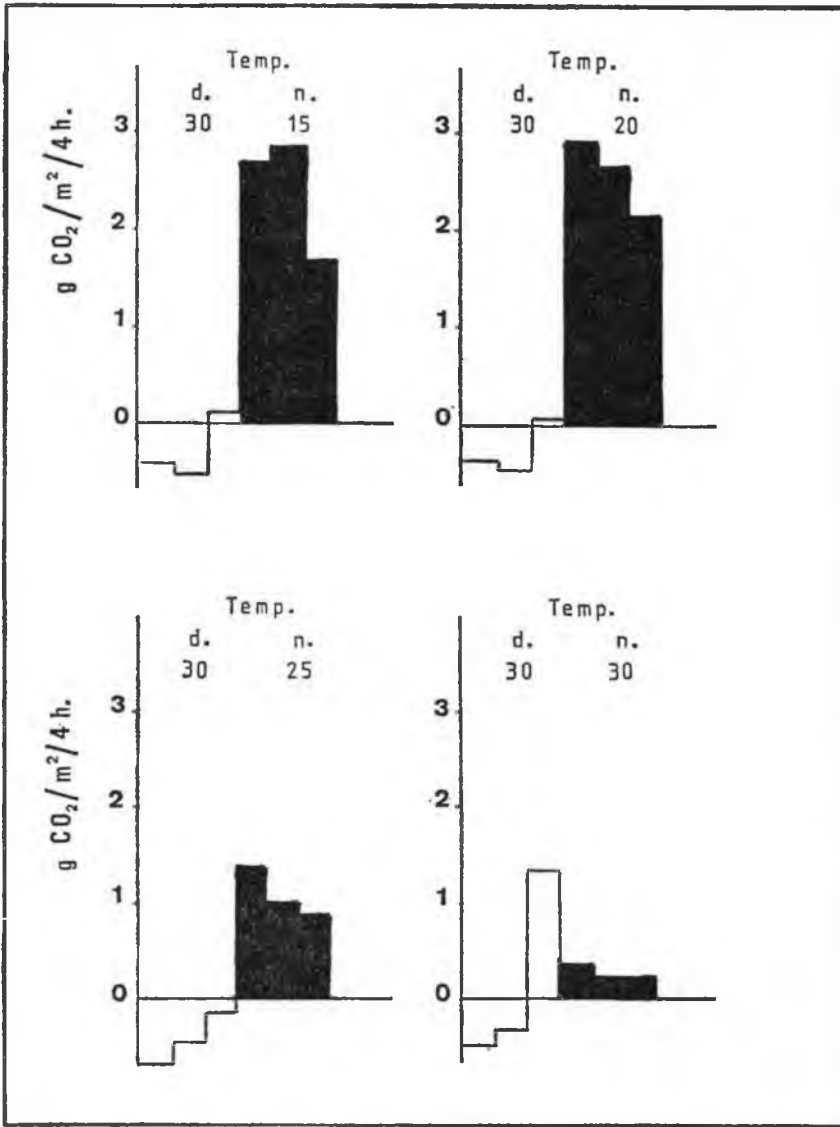


FIG. 19. — Effet de la tempériode journalière sur les flux de CO₂ par fractions de 4 H. Température diurne fixe de 30°. D'après NEALES *et al.*, 1980.

phase nocturne suivante (NOSE *et al.*, 1977) qui est même directement proportionnelle à l'énergie solaire préalablement reçue (SALE et NEALES, 1980).

Lorsque c'est la seule amplitude thermique du feuillage qui impose un métabolisme crassulacéen strict — déficit hydrique nul,

thermopériode sous abri moyenne, absence de vent et rayonnement global élevé — une diminution du rayonnement global peut provoquer une ouverture diurne des stomates. Une telle situation peut se présenter en région sahélienne avec irrigation : un ombrage, en diminuant la température diurne des feuilles, pourra favoriser l'absorption du CO_2 pendant le jour.

Si le métabolisme crassulacéen est intermédiaire — déficit hydrique nul, amplitude thermique du feuillage non excessive — c'est au contraire un fort rayonnement global qui peut rendre possible l'ouverture stomatique en fin de journée du fait (COCKBURN *et al.*, 1979) de la disparition rapide du CO_2 interne consécutive à une décarboxylation rapide. Ce phénomène a été observé par certains auteurs (AUBERT, 1971) mais pas par d'autres (SALE et NEALES, 80). Cette situation peut être globalement la plus favorable à la photosynthèse.

I. 3.2.1.4. — PHOTOPÉRIODE

Le raccourcissement de la phase diurne peut accroître l'absorption nocturne du CO_2 par un simple effet quantitatif (cas du *Bryophyllum*, MARCELLE, 1975) ou à la suite d'un nouvel équilibre enzymatique (cas du *Kalanchoé* : BRULFERT *et al.*, 1979). Ce dernier type d'action cependant paraît exceptionnel (OSMOND, 1978) et dans le cas de l'ananas FRIEND et LYDON (1978) n'observent aucun changement dans l'acidification nocturne avec une température constante de 25° C pour des longueurs du jour allant de 8 à 16 h.

I. 3.2.1.5. — AUTRES FACTEURS

Le potassium dont l'intervention dans le mécanisme d'ouverture stomatique des plantes est bien connue (LAUCHLI et PFLUGER, 1978) peut jouer un rôle déterminant dans le cas de l'ananas. COMBRES et PERRIER (1976) ont montré qu'une amélioration de la nutrition potassique permettait une meilleure régulation des mouvements stomatiques : ouverture plus précoce dans le cas d'une bonne alimentation hydrique et fermeture plus intense en cas de déficit.

Ce rôle pourrait expliquer, partiellement au moins, l'importance de ce cation pour l'ananas (cf. I. 4.1.3.1).

I. 3.2.1.6. — CONCLUSION - COMPORTEMENT AU CHAMP

La régulation du métabolisme crassulacéen est difficile à schématiser surtout si l'on tient compte du fait que dans la nature les différentes caractéristiques climatiques sont liées et qu'il existe pour les systèmes enzymatiques impliqués un rythme endogène (QUEIROZ, 1974) qui ralentit les réactions des plantes aux stimuli externes.

Cependant, COMBRES (1981), en effectuant au champ des mesures

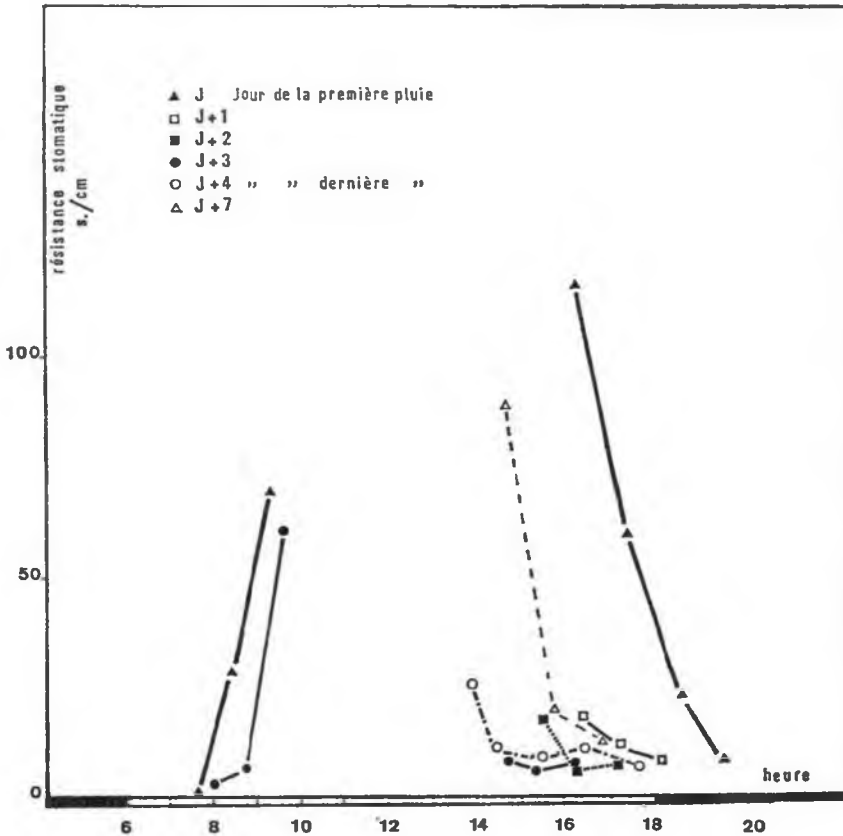


FIG. 20. — Effet des pluies survenant après une longue période sèche sur l'évolution journalière de la résistance stomatique. Mesures au champ. (COMBRES, 81).

systématiques de résistance stomatique, a pu confirmer le sens de l'intervention des différents paramètres mis en évidence en conditions artificielles (cf. Fig. 20 et 21).

Le rôle prioritaire de l'alimentation hydrique est illustré par l'effet spectaculaire d'une pluie mettant fin à une période sèche et l'ouverture stomatique beaucoup plus précoce dans l'après-midi qui en résulte. Cet effet n'est acquis que progressivement puis tend à diminuer bien que le déficit hydrique soit toujours nul (Fig. 20).

L'ouverture stomatique dans l'après-midi est avancée par une thermopériode faible (Fig. 21, courbe 3).

Un vent chaud et sec (l'Harmattan) provoque une fermeture prolongée des stomates (Fig. 21, courbe 1).

Ces série de mesures ont mis également en évidence l'importance

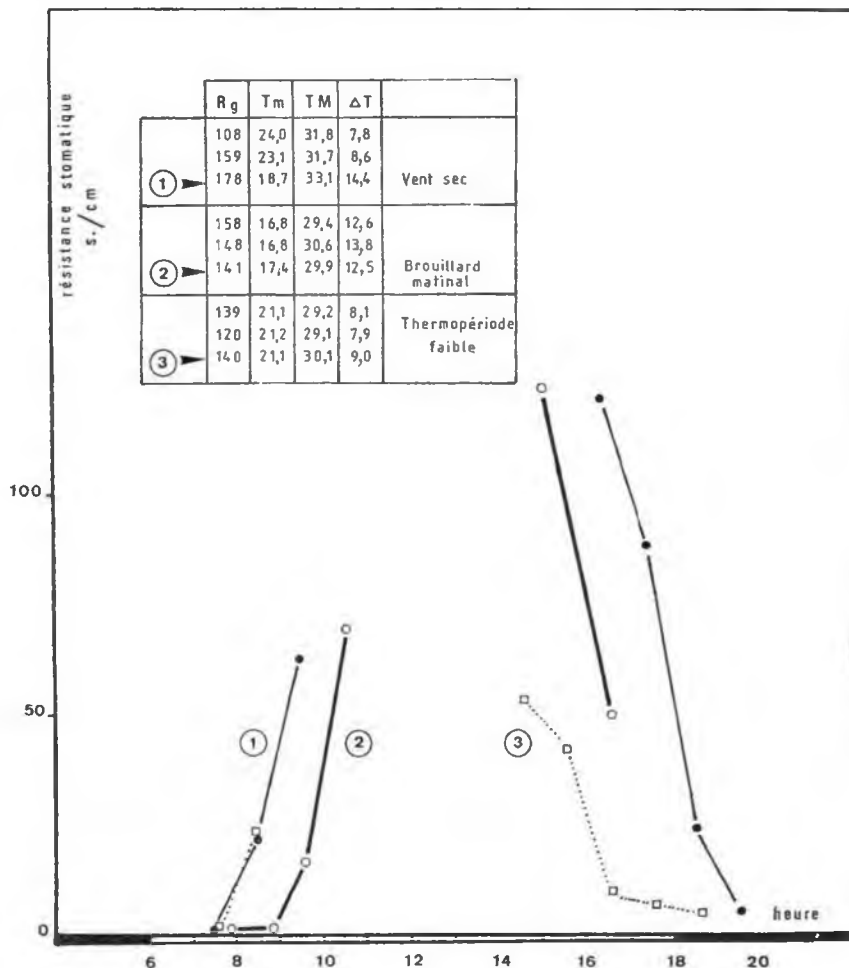


FIG. 21. — Effets de vent chaud et sec, de forts brouillards matinaux et d'une thermopériode faible sur l'évolution journalière de la résistance stomatique. Mesures au champ. Données climatiques du jour considéré et des deux jours précédents. R_g : rayonnement global en décajoule/cm². T_m : température minimale. T_M : température maximale. ΔT : thermopériode journalière. (COMBRES, 81).

des brouillards matinaux qui retardent considérablement la fermeture stomatique (Fig. 21, courbe 2).

I. 3.2.2. — Corollaires du métabolisme carboné de l'ananas

Les trois types de fixation du CO₂ atmosphérique se traduisent par des comportements écologiques des plantes totalement différents :

TABLEAU 10

**Caractéristiques écologiques des plantes
en fonction de leur activité photosynthétique**
d'après BLACK (1973) et MOYSE (1976)

	CAM	C ₄	C ₃
Température optimale de photosynthèse ° C	35	30 à 47	15 à 25
Transpiration g H ₂ O/g de m.s.	18 - 100 (obscurité) 150 - 600 (lumière)	250 - 350	450 - 950
Photosynthèse nette g CO ₂ /m ² feuille/jour	2,4 à 24	120 - 148	24 - 72
Production moyenne m.s. g/m ² sol/jour	très variable	10,6 ± 4,6	6 ± 0,9

Le métabolisme crassulacéen apparaît donc comme un moyen pour les plantes de poursuivre leur photosynthèse, mais à un rythme réduit, tout en consommant très peu d'eau. Si ces plantes ont une activité du type C₃ ou C₄, la photosynthèse, mais aussi la consommation en eau, seront plus élevées.

Ce schéma correspond à l'ananas et en fonction de l'équilibre entre ces trois voies métaboliques, le comportement de la plante pourra varier dans de larges proportions.

I.3.2.2.1. — TRANSPIRATION

La faiblesse possible de la transpiration de l'ananas a été mise en évidence dès 1928 par SIDERIS et KRAUSS. Cette faiblesse s'explique par des facteurs anatomiques et surtout physiologiques.

La résistance cuticulaire de l'ananas supérieure à 800 sec. cm⁻¹ (BARTHOLOMEW et KADZIMIN, 1977) est considérée comme infinie et la résistance des stomates varie en fonction de leur ouverture de 600 sec. cm⁻¹ à 7 sec. cm⁻¹ (AUBERT, 1970-71). Cependant, des valeurs inférieures se rapprochant plus de celles des plantes mésophytiques (WHITMAN et KOLLER, 1967) ont été observées (COMBRES, 1981 ; cf. fig. 20 et 21).

Quoiqu'il en soit, la limitation des pertes en eau se fait essentiellement par déplacement vers le métabolisme crassulacéen de l'équilibre entre les différentes voies photosynthétiques dès que les facteurs climatiques évoluent vers une plus grande sécheresse ou une

plus grande amplitude thermique. Dans ces conditions, la transpiration de l'ananas peut être très faible, de l'ordre de 30 à 75 mg/dm²/h, soit moins du dixième de celle des plantes mésophytiques (NEALES *et al.*, 1968), et la consommation en eau au niveau d'un champ d'ananas due essentiellement aux pertes du sol (EKERN, 1965).

Il n'en est plus de même lorsque les conditions climatiques permettent une ouverture stomatique diurne : les pertes en eau de l'ananas seront alors loin d'être négligeables.

L'alimentation hydrique, qui est le premier facteur régulant le métabolisme crassulacéen joue un rôle prépondérant. Si elle est optimale (irrigation) et si les surfaces cultivées sont très importantes, l'ETM peut tendre vers l'évaporation limite qui est la même pour toutes les plantes. Cependant, même dans ces conditions et pour une même demande climatique déterminée par le rayonnement incident, le vent et le déficit de saturation de l'air, les niveaux d'ETM peuvent être différents en fonction des facteurs externes agissant sur le CAM : amplitude thermique et peut-être nutrition potassique.

I. 3.2.2.2. — LE BILAN DE MATIÈRE SÈCHE

Le rendement photosynthétique d'une plante crassulacéenne varie fortement suivant la voie métabolique empruntée. Dans le cas de l'ananas, selon CONNELLY (1972), les taux maximum instantanés d'assimilation du CO₂ seraient de l'ordre de 10 ng/cm² feuille/s de nuit et de 26 de jour. SALE et NEALES (1980) trouvent pour les mêmes données des valeurs de 15 et 22 ng/cm² feuille/s. Ces chiffres correspondent à des valeurs entre 11 et 30 g de CO₂/m² feuille/jour et donc aux plus hautes valeurs citées habituellement pour les plantes crassulacéennes (cf. tab. 10).

L'assimilation moyenne sur de longues périodes est évidemment plus faible et plus difficile à connaître. BARTHOLOMEW et KADZIMIN (1977) citent des valeurs de 0,4 à 2 g/m² de feuille/jour, ce qui correspond à des assimilations instantanées moyennes de 0,46 à 2,3 ng/cm² de feuille/s.

Les quantités de CO₂ absorbées par jour et par unité de surface foliaire sont donc relativement faibles par rapport aux plantes non crassulacéennes. Cependant au niveau de la culture d'ananas, la production de matière sèche, grâce aux différentes voies d'assimilation possibles, est plus ou moins continue, bien qu'avec des intensités variables tout au long de l'année. Elle est, par ailleurs, accrue par la morphologie foliaire de la plante et les densités élevées qu'elle supporte et qui permettent au rapport de la surface foliaire à la surface du sol occupé d'atteindre des valeurs supérieures à 10 (PY et TISSEAU, 1965). Dans ces conditions, la production de matière sèche peut, sur

de longues périodes, atteindre des valeurs de 12 g/j/m² de sol occupé et s'approcher ainsi du maximum de celle des plantes mésophytiques.

Les différences de croissance entre les zones équatoriales et tropicales sont considérables puisque dans de bonnes conditions techniques la productivité est de 9 t de fruits/ha/mois au Cameroun et de 4,4 aux Hawaï (BARTHOLOMEW et KADZIMIN). En région équatoriale, la régularité de l'alimentation hydrique, des températures élevées et constantes favorisent une assimilation diurne de CO₂, d'où un meilleur rendement photosynthétique mais aussi une surface active beaucoup plus importante par suite d'une émission foliaire rapide (cf. I. 4.1.1).

I. 3.2.3. — Conclusion

Par son métabolisme carboné la plante pourra s'adapter à des conditions climatiques diverses mais elle présentera des rythmes de croissance très variables. En particulier, l'ananas n'apparaît une plante adaptée à la sécheresse que dans la mesure où son métabolisme crassulacéen lui permet en conditions hydriques défavorables de poursuivre une activité photosynthétique ; mais celle-ci se fait avec un rendement très faible. Sa croissance et sa production seront alors loin des valeurs optimales atteintes avec une bonne alimentation hydrique. Si l'ananas reste, pour les zones à pluviométrie limitée, une plante intéressante dans ses possibilités de production de biomasse (MARZOLA et BARTHOLOMEW, 1979) la meilleure productivité sera obtenue en évitant un fonctionnement crassulacéen trop intense (action sur le déficit hydrique essentiellement mais dans certains cas aussi sur le rayonnement global).

Par ailleurs l'équilibre entre les différentes voies de la photosynthèse intervient certainement dans la qualité du fruit puisque les sucres et les acides organiques qui jouent un rôle prépondérant pour cette notion sont au centre du métabolisme carboné. L'extrême variabilité de la composition du fruit, en fonction du climat en particulier (cf. I. 4.1.4.1), peut ainsi mieux s'expliquer. La complexité du sujet a, semble-t-il, empêché jusqu'à maintenant toute étude directe dans ce domaine.

I. 3.3. — CROISSANCE VÉGÉTATIVE

La croissance du plant d'ananas peut se diviser en 3 phases :

- la croissance végétative (racines, tige, feuilles) à partir du rejet qui a été séparé de la plante-mère,
- la croissance du fruit, de sa couronne et éventuellement des

bulbilles. L'initiation de la fleur semble être le premier stade de développement connu,

— la croissance des cayeux. Cette phase peut conduire à un nouveau fruit (deuxième, troisième récolte) si les rejets ne sont pas replantés.

Les deux premières phases se succèdent et sont séparées par une courte période de transition correspondant à l'initiation florale en général provoquée. Par contre, les deux dernières souvent ne sont pas complètement distinctes dans le temps et s'influencent réciproquement.

I. 3.3.1. — Croissance du plant

La courbe de la croissance en poids frais et en poids sec du plant entier a l'allure d'une sigmoïde (fig. 22). SIDERIS et KRAUSS (1937) l'ont ajustée à une fonction logistique telle que définie par ROBERTSON.

Avant l'initiation de la fleur, cette croissance est la somme de celles des racines, de la tige et des feuilles. L'induction florale est le plus souvent réalisée artificiellement (voir I. 3.4 et II. 10) avant la fin de la croissance rapide. La teneur moyenne en matière sèche du plant reste relativement constante.

Après l'initiation de la fleur, la croissance du fruit, qui a également une allure de sigmoïde (cf. I. 3.5), vient s'ajouter à celle des organes végétatifs. La croissance du plant entier peut être très différente au cours de cette phase, notamment après la floraison (fig. 22). La figure 23 montre les évolutions correspondantes de la matière sèche des feuilles, de la tige et du fruit. Au cours de toute cette période, la teneur moyenne en matière sèche du plant augmente, mais l'augmentation de la masse sèche du plant entier s'arrête en général un peu avant la maturité du fruit. Ce n'est qu'avec la croissance plus ou moins lente des cayeux qu'elle augmente à nouveau.

Selon SIDERIS et YOUNG (1950), la matière fraîche produite par jour varie de 2 g à 4 semaines à 20 g environ à 50 semaines. On estime (SANFORD, 1971) que le poids frais du plant peut doubler tous les 2 mois. Ces chiffres sont à considérer en relation avec le métabolisme photosynthétique (cf. I. 3.2).

La croissance dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques à la plante. Au moment de sa mise en terre, le rejet possède une vitesse de croissance potentielle liée d'abord à son poids (PY, 1960 a ; GAILLARD, 1969, etc...). Plus il est élevé, plus tôt on peut induire la floraison pour obtenir des fruits correspondant aux normes commerciales.

A poids égal, la nature du rejet a également une influence importante (PY, 1973 ; LACOEUILHE, 1976 a ; cf. Tab. 11). Les cayeux ont la

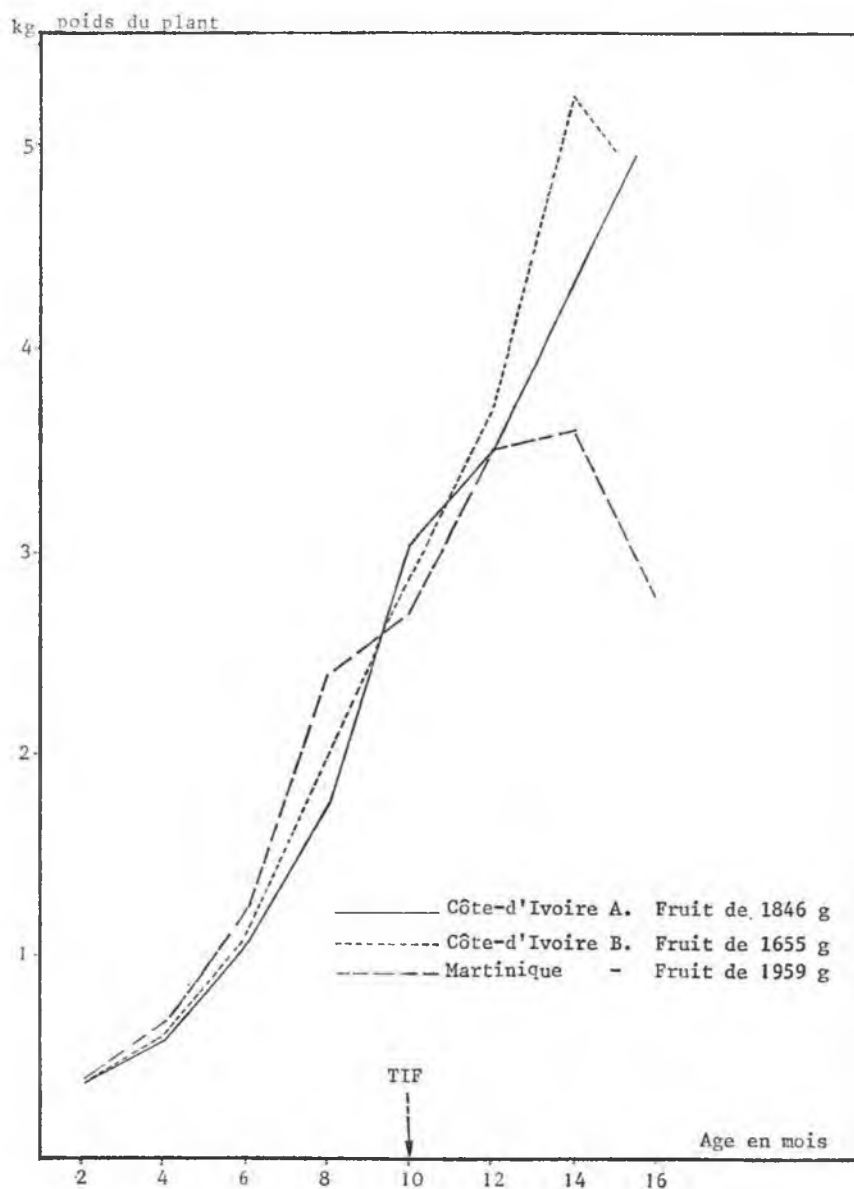


FIG. 22. — Évolution du poids frais d'un plant issu de cayeu de 250 g. Dans deux situations de Côte-d'Ivoire et une de Martinique (PY, 1973 ; LACOEUILHE, 1976 a).

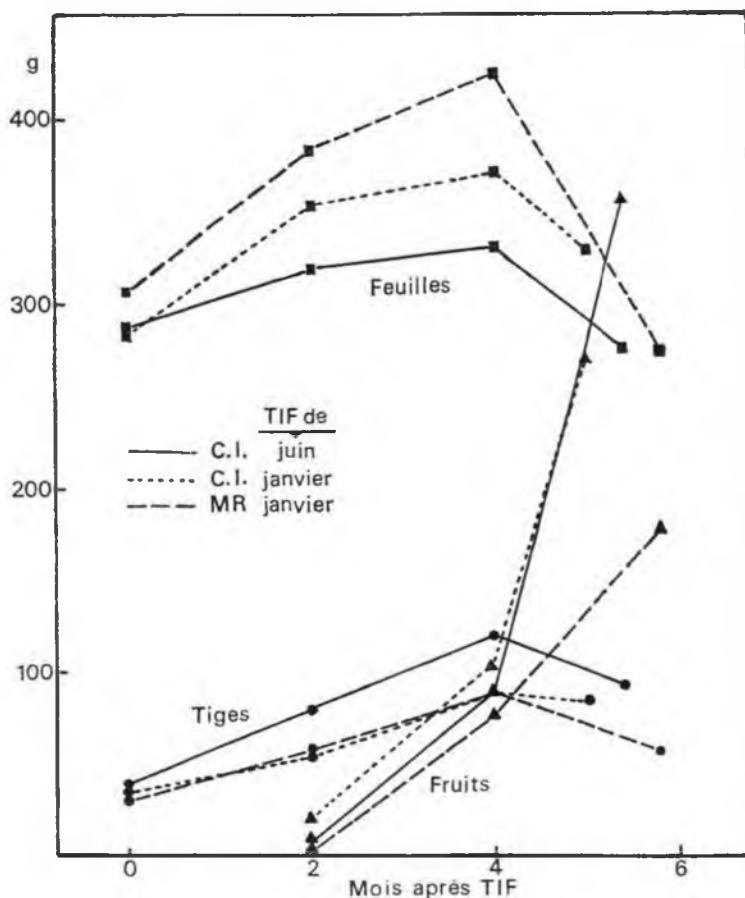


FIG. 23. — Évolution après le traitement d'induction florale (TIF) de la matière sèche des feuilles, tige et fruit. Dans deux situations de Côte-d'Ivoire et une de Martinique. Plants issus de couronnes de 250 g.

croissance la plus rapide et les couronnes la plus lente. Les bulbilles sont intermédiaires. GAILLARD (1974) a montré que les cayeux montrent, eux aussi, des différences de précocité liées à leur position sur la tige. Il y a donc un gradient qui suit *grosso-modo* la position du rejet sur le plant-mère.

D'autres facteurs interviennent également. Ils sont plus ou moins faciles à étudier et on les regroupe en général sous le terme imprécis d'« état physiologique » du rejet. Avant la mise en terre, la croissance du rejet peut avoir été considérablement ralentie par l'épuisement du plant-mère ou plus encore par le sevrage. Il y a cependant une faible production de matière sèche au cours du stockage : 9 % en

TABLEAU 11

Poids frais des plants au traitement d'induction florale à 10 mois

	Martinique		Côte d'Ivoire			
			A		B	
	a	b	a	b	a	b
Couronnes	2 542	1 599	2 600	1 791	2 521	1 404
Cayeux	2 644	1 959	3 050	1 845	2 886	1 655

a. Poids du fruit récolté compris ; b. A partir de rejets de poids identiques.

3 mois selon RAFFAILLAC et de RICAUD, 1980). Les conséquences sur la croissance ultérieure, après mise en terre, sont trop variables avec les conditions édaphiques notamment pour être parfaitement maîtrisées, mais elles peuvent être la cause d'hétérogénéités importantes des parcelles.

L'incidence de tous ces facteurs peut paraître faible, comparée aux variations d'origine climatique et édaphique observables entre les diverses zones de production dans le monde. Mais ils jouent un rôle important dans la gestion des plantations.

I. 3.3.2. — Croissance du système racinaire

Au moment de la récolte des rejets, des ébauches de racines sont apparentes entre les écailles de la base de la tige. HAINNAUX et de RICAUD (1977 a) ont montré qu'il existe une relation entre leur nombre et le poids du cayeux.

Après plantation, on peut distinguer au moins trois phases dans l'émission des racines, principalement étudiée sur les cayeux (HAINNAUX et de RICAUD, 1977 a ; GODO, 1980 a) :

— une première phase rapide correspond à l'expression d'un potentiel propre au rejet. Il est curieux de noter (TEISSON, 1973 b) que si on détruit artificiellement toutes les racines un ou deux mois après la mise en terre, la plante peut reconstituer un système racinaire sensiblement équivalent au cours des deux mois suivants ;

— une deuxième phase ralentie intermédiaire. Au champ, elle est plus ou moins longue, selon les conditions climatiques. Elle s'observe peu en cultures hydroponiques (GODO, 1980 a) ;

— une troisième phase rapide qui traduit la reprise de croissance du plant. Elle peut être plus ou moins avancée selon les conditions du milieu : trois mois en solution nutritive, ou 5-6 mois par exemple au champ.

Pendant le stockage des rejets, l'initiation des racines (comme des feuilles) se poursuit. Le cayeu stocké a ainsi un avantage par rapport au cayeu de même poids qui vient d'être récolté. Initialement, son pouvoir de prospection du sol est supérieur en nombre et en longueur de racines (RAFFAILLAC et de RICAUD, 1980). Cela suppose que les conditions du milieu soient optimales. L'utilisation partielle de ses réserves risque en effet de ne pas lui permettre de supporter sans dommages d'être mis en terre en période de sécheresse par exemple.

L'émission des racines est probablement sous dépendance hormonale : on peut l'améliorer par trempage dans l'AIB ou l'AIA (SINGH et SRIVASTAVA, 1966) ou simplement dans l'eau pour réhumidifier les tissus de la base de la tige (LACOEUILHE, 1979 a). Une stimulation physiologique serait également obtenue en diminuant les activités oxydasiques par l'action du phénamiphos (MILNE et col., 1977).

Beaucoup d'informations manquent encore sur ce sujet dont l'intérêt agronomique est évident.

La nature du rejet influence la morphologie du système racinaire :

— les cayeux ont des racines peu nombreuses (TEISSON, 1973 a) dont le géotropisme diminue quand le niveau de l'insertion s'élève sur la tige ;

— les bulbilles émettent un peu plus vite leurs racines à partir de la partie la plus basse de la tige qui a la forme d'une crosse. Elles sortent radialement par rapport à la tige ;

— les couronnes ont le nombre le plus élevé de racines, en général horizontales, longues et peu ramifiées. Quatre semaines après la mise en terre, DIDUNGU (1973) a dénombré une moyenne de 39 racines par plant pour les couronnes contre 15 pour les bulbilles et 5 pour les cayeux.

Divers chiffres d'élongation sont cités dans la littérature, en général par observation derrière une vitre. Citons, par exemple, en Côte-d'Ivoire une moyenne de 4,4 cm par semaine, avec un maximum de 6,7 cm par semaine (BONZON, 1969). En moins d'un an, un plant peut donner des racines vigoureuses de 1,80 m de longueur (SIDERIS et KRAUSS, 1934). L'arrêt de l'élongation des racines est le premier symptôme dû au Wilt (I. 4.2.2) (CARTER, 1948).

Après la mise en terre du rejet, la masse des racines augmente relativement plus vite que celle des feuilles (HAINNAUX et de RICAUD, 1977 b). L'installation du système racinaire est essentielle à la reprise

de croissance et il existe une corrélation entre le nombre de racines émises et le poids du plant peu de temps après sa mise en terre (fig. 24). L'augmentation de la masse de racines se poursuit apparemment tout au long de la vie de la plante, en particulier après l'initiation florale (BONZON, 1969); mais on possède très peu de données, surtout après la récolte du premier fruit.

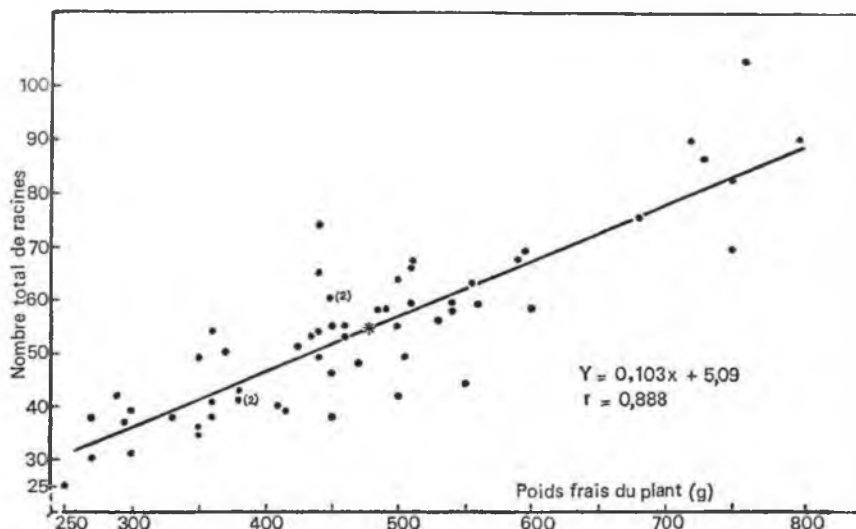


FIG. 24. — Liaison entre le nombre de racines émises et le poids frais des plants deux mois après la mise en terre (HAINNAUX et DE RICAUD, 1977).

La croissance des racines dépend beaucoup des caractères physiques et biologiques du milieu où elles se développent. Leur grande sensibilité à des conditions défavorables limite presque toujours leur durée de vie. BOWERS a écrit en 1929 : « Pourquoi les plants d'ananas dépérissent-ils si jeunes ? Quand on a étudié les racines au champ, une meilleure question serait : comment peuvent-ils vivre si longtemps ? ».

La durée de vie limitée des racines joue un rôle d'autant plus important qu'une relation étroite existe entre groupes de feuilles et de racines (SIDERIS, 1926). Les deux flux d'enracinement se différencient (GAUDIN, 1981) par le fait que chaque racine du deuxième flux alimente un nombre élevé de feuilles dans les plants horizontaux et verticaux.

I. 3.3.3. — Croissance de la tige

La courbe de croissance a, comme pour tous les autres organes, la forme d'un sigmoïde. L'augmentation du poids est assez lente

pendant la phase végétative, surtout pendant les premiers mois. L'essentiel de la masse fraîche ou sèche est acquis ensuite, en particulier pendant les deux mois suivant l'initiation florale.

La teneur en matière sèche augmente assez régulièrement avant de diminuer assez brutalement à l'approche de la maturité du fruit quand la masse sèche diminue au profit de celle du fruit. Le taux d'accroissement en masse sèche des feuilles et de la tige est sensiblement égal jusqu'à l'initiation florale. Il est ensuite nettement supérieur pour la tige. La fumure N-K accroît cette différence (LACOEUILHE, 1976 a).

Pendant les trois mois suivant la récolte du fruit, on a pu observer en Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE *et al.*, 1978) une augmentation de sa masse sèche de 30 % pendant que celle des feuilles restait sensiblement constante.

La tige apparaît donc, notamment dans les périodes suivant un stade de développement (initiation de la fleur ou des premiers rejets), comme un organe de stockage des produits de la photosynthèse, dont les réserves peuvent être utilisées aux moments où l'activité photosynthétique ne peut pas satisfaire entièrement les besoins (croissance active du fruit, croissance des rejets).

I. 3.3.4. — Croissance des feuilles

Jusqu'à l'initiation florale, les feuilles représentent environ 90 % de la masse fraîche du plant sans racines (PY, 1959 a). A la récolte du fruit, elles en constituent encore 50 % environ. Cela conduit bien souvent à assimiler, au moins pendant la phase végétative, la croissance foliaire avec celle du plant entier, bien que le rôle physiologique de la tige ne soit pas négligeable surtout à certains stades.

La croissance de la masse foliaire se fait par :

- l'augmentation du nombre de feuilles vivantes du plant ;
- la croissance de la feuille individuelle.

L'apex est situé au sommet de la tige. Les jeunes feuilles apparaissent au cœur de la rosette foliaire et les feuilles les plus âgées sont insérées sur la base de la tige.

L'intervalle de temps entre la différenciation de la feuille et son apparition n'est pas constant et peut-être supérieur à 4 mois (LACOEUILHE et PY, 1974). Le rythme d'apparition des feuilles ne traduit donc qu'imparfaitement le rythme de leur différenciation. C'est néanmoins un outil pratique pour estimer la croissance et sa vitesse.

Après la mise en terre, le rythme d'apparition des feuilles augmente régulièrement avec l'âge du plant dans le cas des cayeux (fig. 25). Chez les couronnes, par contre, 7 à 8 feuilles peuvent apparaître pendant le premier mois, alors que ce nombre est inférieur

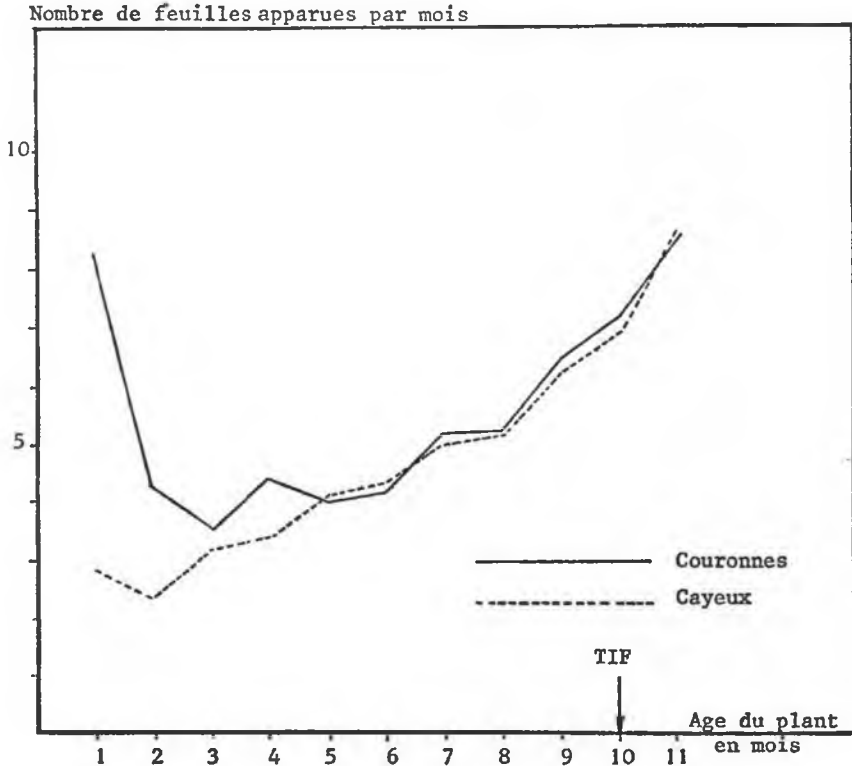


FIG. 25. — Rythme d'apparition des feuilles. Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE, 1976 a).

dans les mois suivants. Après 4 à 5 mois, la nature du rejet n'a plus d'influence notable. En fait, l'initiation des feuilles est identique entre ces deux types de rejets, au moins à partir de 2 mois (LACOEUILHE, 1976 a). Des cayeux et des couronnes de même poids à la plantation ont la même surface foliaire, bien que le nombre des feuilles soit très différent. Mais leur différence de comportement après la mise en terre porte beaucoup plus sur la croissance des feuilles individuelles et de la tige que sur la capacité à différencier des feuilles au niveau de son méristème. Les feuilles des plants issus de cayeux sont plus longues et plus lourdes que celles des plants issus de couronnes pendant plusieurs mois.

L'apparition des feuilles paraît s'accélérer pendant le mois qui suit l'initiation florale, surtout quand la montée de la fleur est rapide. La dernière feuille visible au moment de l'induction florale se trouve souvent sur le pédoncule floral et n'a donc qu'une croissance réduite. A l'opposé, la plus jeune feuille visible au moment de la mise en terre du rejet est souvent (surtout chez les cayeux) encore vivante à la

récolte du fruit (fig. 26). Ceci représente une longévité exceptionnelle de plus de 15 mois (PY, 1959 a).

La croissance de la feuille est basale. Les jeunes trichomes (fig. 27) de la base de la feuille en croissance permettent la pénétration directe de *Phytophthora palmivora* (BUTL.) Butl. (BOHER, 1974). La partie distale de la feuille est la plus âgée.

La courbe de croissance d'une feuille a également la forme d'une sigmoïde. La longueur et le poids frais atteignent leur maximum environ quatre mois après l'apparition de la feuille au cœur de la rosette en Afrique équatoriale. Cet intervalle de temps est relativement constant par rapport aux principaux facteurs agissant sur l'intensité de la croissance. C'est également le temps nécessaire pour que les croissances en largeur de la feuille et en circonférence de la tige s'équilibrent : les caractères biométriques de la feuille sont maximum lorsque ses bords à la base sont parallèles et perpendiculaires à la ligne d'insertion sur la tige. La base des feuilles plus jeunes forme un angle plus ouvert, supérieur à 90° . Celle des feuilles plus âgées est au contraire inférieure à 90° car la circonférence de la tige continue à augmenter.

Ce caractère morphologique de la feuille terminant sa croissance a été utilisé par PY (1959 a) pour définir le stade D. A chaque instant de la vie du plant, une feuille répond à cette définition. Cependant, le critère morphologique ne permet pas de distinguer une seule feuille mais deux, trois ou quatre quand la croissance est rapide, sa précision est limitée pendant les quatre mois suivant la mise en terre. De plus, il n'est plus utilisable peu après l'induction florale quand la croissance foliaire se ralentit par rapport à celle de la tige et du pédoncule.

SIDERIS et KRAUSS (1936) ont défini les feuilles « D » comme étant les plus longues. Quel que soit le stade auquel se trouve le plant, on peut toujours repérer la feuille la plus longue ; mais cette feuille a ou n'a pas terminé sa croissance.

Lorsque la croissance est rapide (zones chaudes et humides de basse altitude proches de l'équateur), la feuille la plus longue et la plus lourde sur un plant n'a pas encore terminé complètement sa croissance ; la feuille D est donc plus âgée. Ce n'est cependant pas toujours le cas, même avec des techniques culturales de plus en plus intensives. De plus, si la feuille n'a pas terminé sa croissance avant la différenciation florale, après ce stade l'élongation se poursuit plus longtemps que l'augmentation de poids (LACOEUILHE et PY, 1974). Les caractères de la feuille la plus longue doivent donc être interprétés différemment selon les conditions de sa croissance, c'est-à-dire de la plante et les conditions climatiques.

On peut, de toute façon, distinguer différentes catégories de feuilles :

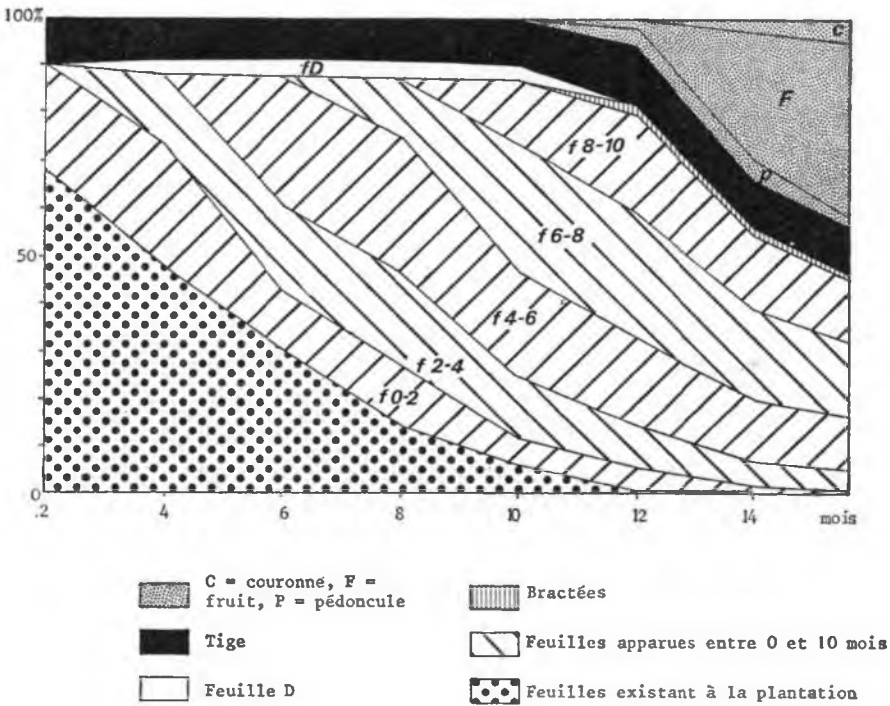


FIG. 26. — Importance relative des différents organes aériens du plant à différents âges (masse fraîche). Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE, 1976 a).

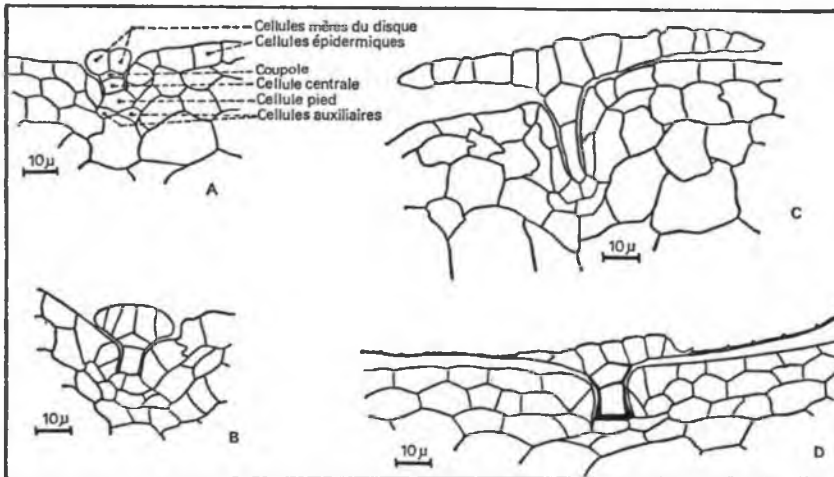


FIG. 27. — Quelques stades de développement du trichome au cours de la croissance de la feuille (BOHER, 1974).

— celles dont toute la croissance s'est effectuée sur le plant-mère ; ce sont les feuilles A de SIDERIS et KRAUSS ;

— celles dont la croissance s'est effectuée en partie sur le plant-mère ; ce sont les feuilles B de SIDERIS et KRAUSS. Elles portent un étranglement suivi d'un élargissement bordé d'épines sur quelques centimètres qui correspond à la reprise de la croissance après la mise en terre ;

— celles dont la croissance s'effectue entièrement après la mise en terre.

On peut les diviser en :

- celles qui ont terminé leur croissance ; ce sont les feuilles C de SIDERIS et KRAUSS ;
- celles qui terminent leur croissance ; ce sont les feuilles D ;
- celles qui n'ont pas encore terminé leur croissance ; ce sont les feuilles E et F 1 de SIDERIS et KRAUSS ;

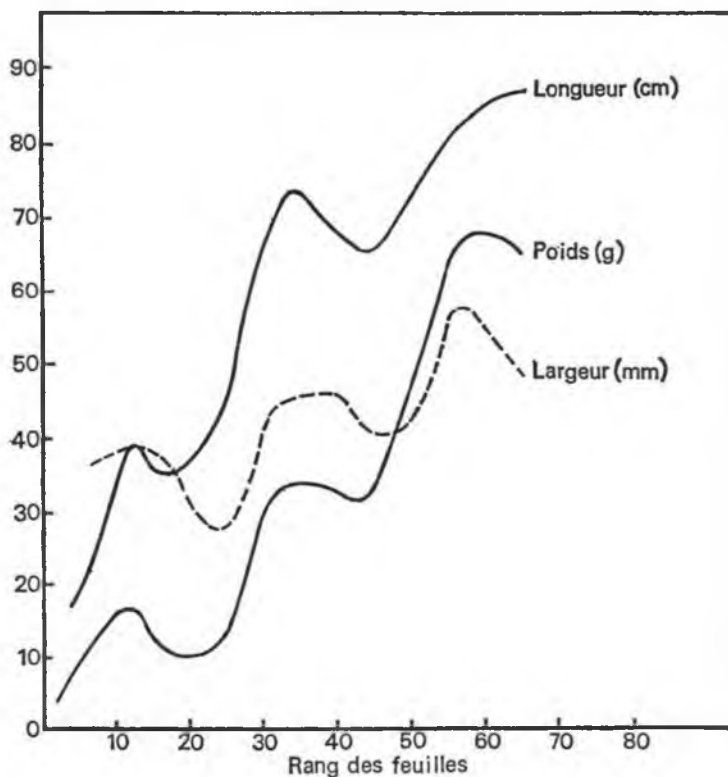


FIG. 28. — Dimensions maxima atteintes par les feuilles successives en Guinée (Py, 1959 a).

- celles dont la croissance a été diminuée ou arrêtée par la différenciation florale ; ce sont à peu près les feuilles F 2 de *SIDERIS* et *KRAUSS*.

Les critères de la croissance de la feuille (longueur, largeur, poids frais et sec) répondent différemment aux facteurs externes (fig. 28). Les corrélations allométriques sont spécifiques aux conditions d'observation et donc non universelles. La relation surface-longueur est une parabole (TAY et TAN, 1971), mais surface-largeur à mi-longueur est une droite (PY, 1959 a). La relation surface-poids est également une droite de pente variable. Selon BARTHOLOMEW et KADZIMIN (1977), le poids frais par unité de surface peut augmenter de 114 à 153 mg/cm² quand le régime de température nocturne s'abaisse de 30 à 18° C et la production de matière sèche peut être considérable à des températures considérées comme sub-optimales pour l'élongation des feuilles ou des racines (cf. I. 4.1.1.1.1).

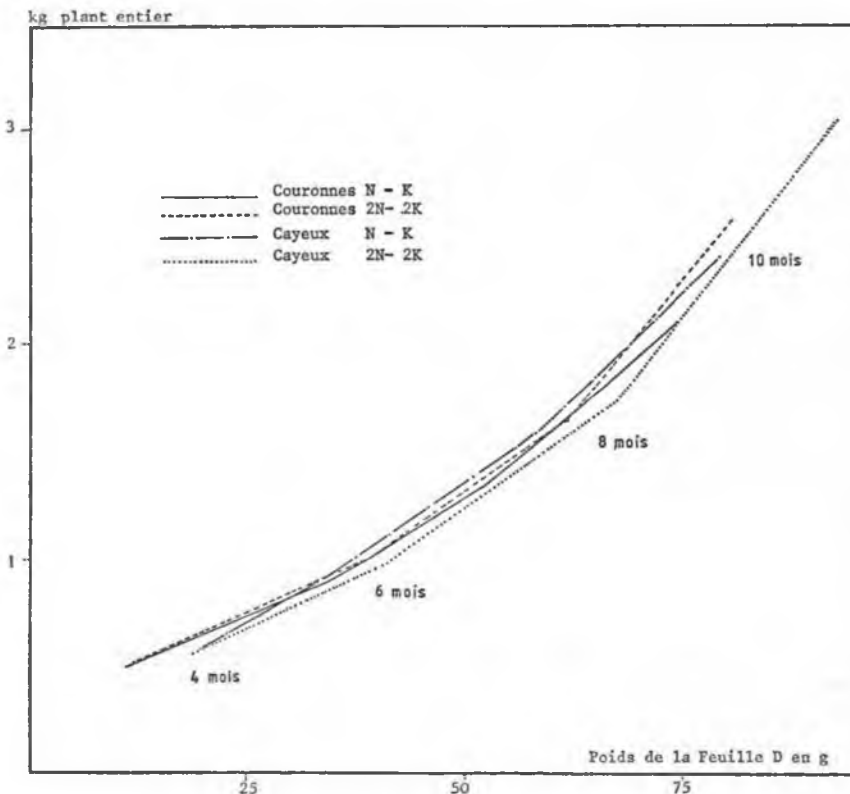


FIG. 29. — Évolution du rapport du poids frais du plant entier et de sa feuille D entre 4 et 10 mois (LACOEUILHE, 1976 a).

En l'absence de facteurs limitants, les feuilles successives sont de plus en plus longues, larges et lourdes quand elles atteignent le stade D. Cependant, le poids frais des feuilles « D » tend vers un maximum variant entre 80 et 110 g et n'est pas proportionnel au poids du plant sans racines (fig. 29).

La masse foliaire ne peut pas être estimée à partir de la seule feuille D. Elle doit tenir compte du rythme d'initiation des feuilles ou plus facilement du rythme de leur apparition (PY et Lossois, 1962).

$$MFT = FD_2 \times NF_0^2 + FD_4 \times NF_2^4 + FD_6 \times NF_4^6 + \dots$$

où MFT = masse foliaire théorique

FD_2 = poids de la feuille D à 2 mois

NF_0^2 = nombre de feuilles apparues entre 0 et 2 mois.

Cette estimation peut permettre de comparer la croissance foliaire dans des écologies différentes. Elle suppose des observations précises et assez contraignantes, dont les enseignements sont plus riches que la seule courbe de croissance du plant.

La masse de feuilles la plus importante correspond grosso modo à celles qui sont apparues 2 à 4 mois auparavant (fig. 26). Ces feuilles forment un angle de 45 à 60° (cf. fig. 6) avec le sol et subissent au minimum l'effet de l'ombrage mutuel. Elles reçoivent la majeure partie de la lumière et assurent l'essentiel de la photosynthèse. Il en est de même pendant la formation du fruit où ce sont elles qui contribuent le plus, avec la tige, au « remplissage » du fruit.

I. 3.3.5. — Croissance des rejets

Les rejets — bulbilles, hapas ou cayeux — se développent à partir de quelques-uns des bourgeons axillaires situés à l'aisselle de tous les organes foliaires (feuilles ou bractées).

Le cas de la couronne est évoqué dans le chap. I. 3.5. Celle-ci en effet est issue du méristème terminal et son développement qui ne nécessite aucune levée de dormance est étroitement lié à celui du fruit.

I. 3.3.5.1. — DÉMARRAGE DES BOURGEONS AXILLAIRES

Tant que le méristème terminal est végétatif, le développement de ces bourgeons est inhibé. L'expérimentation, en particulier à l'aide de produits hormonaux de synthèse, a permis de montrer que la dérépression des premiers bourgeons qui se développeront par la suite est déterminée au moment de la différenciation florale. Ce fait explique l'incidence des conditions climatiques de cette époque (cf. I. 4.1.1.2.) et de la nature du produit florigène (cf. II. 10) sur le nombre et la position des rejets produits. Dans certaines variétés cependant,

telle la *Victoria* de la Réunion, le démarrage des bourgeons axillaires est beaucoup plus précoce (VUILLAUME, 1982). Photos 11.

Habituellement les bourgeons qui sont déréprimés se trouvent à l'aisselle d'organes foliaires relativement jeunes au moment de la différenciation florale. Les rejets les plus fréquents sont les bulbilles et les hapas mais leur nombre est toujours restreint par rapport à celui des bourgeons axillaires existants : un plant adulte porte de 0 à 5 bulbilles ainsi qu'un et plus rarement 2 ou 3 rejets de tige (cayeux ou hapa).

Le niveau de croissance atteint par la plante au moment de la différenciation florale a une incidence importante. Le démarrage des bourgeons axillaires de la tige est d'autant plus lent et concerne des ébauches d'autant plus hautes que la plante est plus développée (PY et GAILLARD, 1971). Cependant, si les conditions climatiques permettent leur apparition, les bulbilles sont d'autant plus nombreuses que le cycle végétatif est plus long.

Le ou les rejets de tige qui se développent inhibent les autres bourgeons axillaires et seule leur ablation permet le démarrage d'autres rejets issus en général de bourgeons légèrement plus jeunes. Le nombre de rejets produits par plant dépendra donc, entre autres facteurs, du rythme de leur collecte et il faudra choisir de favoriser soit le nombre soit le poids des rejets récoltés (PINON, 1981 a, cf. II. 13).

I.3.3.5.2. — CROISSANCE DES REJETS

Les bulbilles et les rejets de tige ont un comportement totalement différent.

Les premières ont une croissance immédiate et donc synchrone avec celle de l'inflorescence mais qui s'arrête peu après la maturité du fruit. Il existe d'ailleurs une compétition entre le développement des bulbilles et celui du fruit (cf. I.2.1.3). Le poids final des bulbilles est très variable mais en général relativement faible — 100 à 300 g pour Cayenne — et ce d'autant plus qu'elles sont plus nombreuses.

Le ou les rejets de tige dont le développement a été déréprimé au moment de la différenciation florale, peuvent ne présenter une croissance active qu'après la récolte du fruit. Contrairement aux bulbilles cette croissance peut se poursuivre sur une longue période et conduire à la formation d'un plant presque aussi volumineux que le pied-mère et produire un fruit commercialisable qui constitue une deuxième récolte (cf. II. 12).

Le jeune rejet présente une surface photosynthétiquement active faible et sa croissance initiale est fonction des réserves et de l'activité du pied-mère. Cette dernière est, après la récolte du fruit, encore suffisante pour assurer le démarrage du rejet et une reprise de l'accumulation des réserves dans la tige.

Le rejet ne porte par ailleurs aucune racine souterraine, sauf bien entendu s'il est lui-même souterrain ce qui est très rare, et dépend entièrement du système racinaire du pied-mère en particulier pour son alimentation hydrique. L'état sanitaire des racines de la plante mère est donc un des facteurs les plus importants à considérer pour la croissance du rejet : la lutte contre les parasites racinaires et les nématodes en particulier présente à cet égard un aspect prioritaire (cf. II.9.8).

Les rejets qui se développent tardivement sont portés par des plants épuisés; ils sont filiformes et ne représentent qu'un médiocre matériel de plantation.

Les données précises au sujet de la croissance du rejet sur le pied-mère sont rares; PINON (1979 a) a observé à partir de rejets de 150 g un gain de poids frais de 250 g environ en quarante jours et de 600 g en quatre-vingt jours.

I. 3.4. — LA DIFFÉRENCIATION FLORALE

I. 3.4.1. — Physiologie de la floraison

Le méristème d'une plante reçoit en permanence des autres parties de l'organisme un ensemble de signaux variables en intensité, et favorables à la production de structures soit végétatives soit florales. Leur équilibre détermine la nature de ces productions (MIGINIAC, 1979). Cependant l'initiation florale conduisant, au-delà de la multiplication, à la mort de l'organe ou de la plante est habituellement, sauf en conditions artificielles, irréversible une fois engagée.

Dans l'ananas l'équilibre entre les voies végétatives et florales semble pencher en faveur de la première. L'acquisition du stade floral donne en effet l'impression d'être difficile, n'étant que rarement synchrone, dans une population apparemment homogène, et surtout étant transitoire. En effet, le méristème après avoir initié une structure florale retourne à un état végétatif et produit à nouveau des ébauches foliaires qui formeront au-delà de l'inflorescence un plant miniaturisé : la couronne.

La différenciation florale de l'ananas présente une autre particularité : celle de pouvoir être provoquée artificiellement par voie chimique. Les aspects physiologiques de cette induction artificielle ont de nombreux points communs avec la différenciation naturelle et seront discutés ici.

Par ailleurs les modalités de cette initiation peuvent avoir des conséquences quantitatives importantes sur la formation des tissus floraux et donc le rendement de la culture (PALTRIDGE et DEHOLEN, 1974; YOKOI, 1976).

I. 3.4.1.1. — LA FLORAISON NATURELLE

Les facteurs naturels de l'induction florale sont climatiques. L'ananas est une plante préférante de jours courts mais d'autres composantes climatiques interviennent ; les températures fraîches en particulier favorisent la floraison (cf. I. 4.1.1.2). Dans les zones de culture, longueur du jour et température sont en général excessives et l'acquisition du stade floral présente des aspects quantitatifs : le nombre de cycles journaliers nécessaires à l'induction est d'autant moins grand que les nuits sont courtes (PY et BARBIER, 1965).

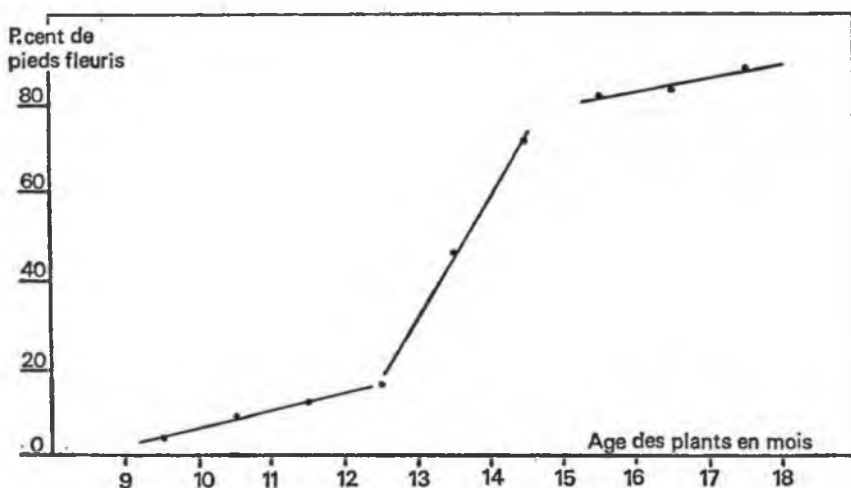


FIG. 30. — Nombre de pieds fleuris naturellement à une date donnée en fonction de leur âge. LACOEUILHE, 1975.

L'initiation n'est possible que si l'ananas a atteint un stade de développement minimum : sa maturité de floraison qui n'est acquise qu'avec un âge et un volume suffisants de la plante (cf. fig. 30). Au-delà de ce stade l'initiation florale est d'autant plus facile que les plants sont volumineux et ce facteur se combine aux effets cumulatifs des jours plus ou moins courts (PY, 1968 a). Un cas particulier existe cependant : certains rejets très gros différencient immédiatement leur inflorescence lorsqu'ils sont mis en terre. Une modification brutale de l'alimentation hydrique pourrait être à l'origine de cette floraison (cf. I. 4.1.1.2).

Une croissance végétative rapide, provoquée par une nutrition azotée abondante (NIGHTINGALE, 1942) réduit la sensibilité des plants aux facteurs externes de différenciation florale. Il existe donc pour

l'ananas, comme pour les autres plantes, une opposition entre vigueur végétative et initiation florale. Ainsi, dans certaines conditions au moins, la croissance plus lente des couronnes pourrait expliquer leur réceptivité plus faible que celle des cayeux de même âge aux incitations naturelles (LACOEUILHE, 1975 a).

Cependant, il est bien établi que pour un même niveau de croissance, la sensibilité d'une plante dépend également de la nature du rejet dont elle est issue. Elle est d'autant plus grande que le bourgeon initial était situé bas sur la plante mère et donc qu'il a une origine ancienne. Cela est vrai aussi bien pour les rejets de tige entre eux (GAILLARD, 1934) que pour ceux-ci par rapport aux bulbilles et couronnes (PY, 1964). La sensibilité est donc inversement proportionnelle au rythme d'émission foliaire aux stades jeunes (cf. I. 3.3) et peut donc être, à nouveau, un aspect de l'opposition entre développement végétatif et floral.

Bien évidemment les facteurs génétiques interviennent eux aussi et des différences de comportement ont été observées entre 'Cabezona' et 'Red Spanish' à Porto-Rico (VAN OVERBECK et CRUZADO, 1948 a), entre 'Baronne de Rothschild' et 'Cayenne' tout venant en Guinée (PY *et al.*, 1957).

I. 3.4.1.2. — LA FLORAISON INDUITE ARTIFICIELLEMENT

A la suite d'une découverte accidentelle datant de 1875 (COLLINS, 1960), les premières inductions florales artificielles de l'ananas ont été provoquées dans les serres aux Açores par fumigation (ADAMS, 1935). Après que RODRIGUEZ (1932) eut montré que l'éthylène pouvait remplacer la fumée les travaux consacrés à ce sujet, d'une importance économique capitale, ont été très nombreux. A l'heure actuelle plus d'une centaine de publications s'y rapportent.

D'autres procédés ont été mis au point et l'efficacité de ce qui n'était au début qu'une technique favorisant la floraison naturelle est devenue telle qu'elle permet de s'affranchir des facteurs naturels de l'induction florale.

La nature des produits efficaces est très variable — hydrocarbures ou composés auxiniques — mais leur emploi semble toujours équivalent, en dernier ressort, à une application d'éthylène. Cela est évident pour une solution aqueuse saturée en éthylène gazeux (KERNS, 1936) ou des générateurs synthétiques d'éthylène tels que l'acide 2 chloroéthane phosphorique ou éthéphon (COOKE et RANDALL, 1968 ; PY et GUYOT, 1970 a), la beta hydroxyéthylhydrazine (B.O.H.) ou d'autres dérivés de l'hydrazine (GOWING et LEEPER, 1955-1961 ; ABELES, 1973). C'est vrai également pour les composés auxiniques puisque BURG et BURG (1966) ont montré qu'après l'application d'acide naphthylacétique (A.N.A.) (CLARK et KERNS, 1942) la synthèse d'éthylène endo-

gène augmentait lentement pour atteindre un maximum au bout de 7 jours. Ce phénomène, classique chez les plantes, (ABELES, 1973) peut également expliquer l'efficacité des acides indolbutyrique, indolacétique (GOWIN, 1956-1958 a) et dichlorophenoxy-acétique (VAN OVERBECK, 1945).

Le cas de l'acétylène (COLLINS, 1935 ; KERNS, 1936) peut sembler particulier mais ce gaz peut, bien qu'à concentration plus forte, mimer les effets physiologiques de l'éthylène (ABELES, 1973). Il en est de même de l'oxyde de carbone (CHON-TON PHAN, 1971) qui peut induire en laboratoire la floraison de l'ananas (WATANABE et NAKAGAWA, 1966).

L'action des produits florigènes est d'autant plus efficace que l'éthylène est fourni brutalement à la plante. Ainsi l'A.N.A. n'est utilisable que dans certains pays aux périodes proches de celles des floraisons naturelles (PY *et al.*, 1957 ; KEETCH *et al.*, 1975). De même, en conditions naturelles peu favorables, l'efficacité des générateurs synthétiques d'éthylène est très nettement liée à la vitesse de production du gaz (TEISSON, 1979 b).

La pénétration des produits florigènes semble être très rapide et se faire préférentiellement dans les zones proches de l'apex puisqu'en général l'efficacité du traitement est bien plus grande lorsque l'application se fait au cœur de la plante (DASS *et al.*, 1975 ; TEISSON, 1979 b).

Les traitements d'induction florale sont améliorés lorsqu'ils sont répétés à quelques jours d'intervalle (PY et TISSEAU, 1965 ; ALDRICH et NAKASONE, 1975 ; SOLER, 1982). Comme dans le cas de floraison naturelle le phénomène présente donc des aspects quantitatifs et une accumulation d'incitations favorables semble nécessaire pour contrebalancer les fortes tendances à maintenir l'apex au stade végétatif. La répétition du traitement a également un effet sur le regroupement de l'émission des inflorescences : un seul traitement serait suffisant pour initier les phénomènes de la différenciation florale mais ceux-ci se dérouleraient par la suite avec une vitesse, variable en fonction des plants, mais accrue par une nouvelle induction artificielle (PY *et al.*, 1957).

Les traitements réalisés de nuit ou tard et tôt dans la journée sont plus efficaces que ceux entrepris en cours de journée (PY *et al.*, 1957 ; YILING, 1974 ; ALDRICH et NAKASONE, 1975).

Comme la floraison naturelle, l'induction artificielle est perturbée par une croissance rapide à tel point que pendant longtemps les apports d'engrais azotés étaient suspendus bien avant le traitement d'induction florale (PY, 1965 a ; TISSEAU M. A., 1966). Là encore la taille du plant intervient mais il semble exister non seulement une limite inférieure (LACOEUILHE, 1975 b) mais aussi une limite supérieure (PY et TISSEAU, 1965 ; TEISSON, 1972) au-delà de laquelle seule une différenciation naturelle peut intervenir (PY et GUYOT, 1969).

Le type de rejet intervient dans le même sens que pour la flori-

son naturelle, les cayeux répondent plus facilement aux traitements que les couronnes (PY et TISSEAU, 1965). Les différences sont particulièrement nettes lorsqu'on s'adresse à des plants très jeunes (LACOEUILHE, 1981) (fig. 31).

C'est avec des applications d'éthylène ou d'acétylène, nocturnes et répétées, que l'efficacité de l'induction florale est la plus élevée et la plus constante. L'induction de la floraison par l'éthylène semble

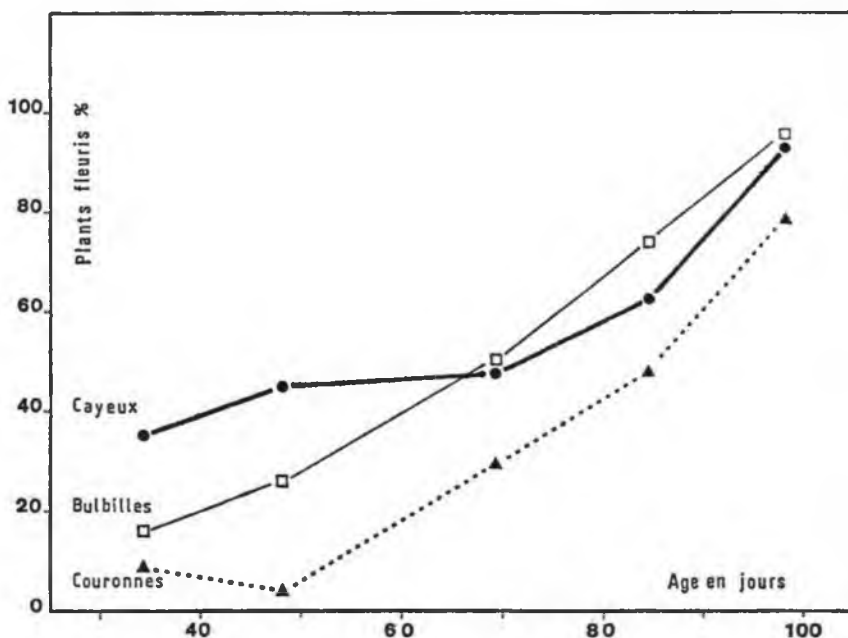


FIG. 31. — Nombre de pieds fleuris après induction artificielle sur des plants très jeunes en fonction de la nature du matériel de plantation. LACOEUILHE, 1981.

générale chez les Broméliacées (FOSTER, 1953 a). Elle est exceptionnelle ailleurs mais a été signalée chez le *Plumbago*, autre plante de jours courts (NITSCH et NITSCH, 1969).

I. 3.4.1.3. — ASPECTS FONDAMENTAUX

Les nombreux points communs entre les inductions florales naturelles et artificielles (cf. aussi I. 4.1.1.2) peuvent laisser supposer que les mécanismes primaires mis en jeu sont voisins si ce n'est identiques. Dans le second cas cependant, ils le seraient avec une intensité plus forte permettant ainsi d'obtenir des floraisons uniformes au sein d'une population. L'éthylène, qu'il soit exogène ou endogène, serait

donc le facteur inductif de la différenciation florale de l'ananas et d'autres broméliacées dans lesquels la floraison naturelle peut être prévenue par l'application d'inhibiteur de la synthèse éthylénique (MEKERS *et al.*, 1982). Les apports par l'induction artificielle pallieraient une production interne insuffisante dans la plupart des conditions naturelles. Des doses faibles sont cependant efficaces puisque des applications d'acide 2 chloroéthane phosphonique correspondant à des quantités théoriques d'éthylène de 0,4 à 0,1 mg par plant induisent la floraison (DASS *et al.*, 1975 ; TEISSON, 1979 b).

En opérant avec de l'éthylène gazeux, COOPER et REESE (1941) ont mis en évidence une relation entre l'efficacité des traitements, la concentration en éthylène et la durée de l'exposition.

La présence d'une feuille au moins semble indispensable à l'initiation florale qui est empêchée par une défoliation complète si elle a lieu juste avant un traitement gazeux à l'éthylène mais pas si elle a lieu juste après (COOPER et REESE, 1941). Ces auteurs concluent que la feuille fournit à l'apex un stimulus floral. Si celui-ci existe sa migration est cependant limitée puisque l'induction artificielle d'un seul rejet ne provoque pas la floraison d'un autre rejet de taille identique porté par le même plant (TEISSON, 1974 ; VUILLAUME, 1982).

La théorie de GOWING (1956) selon laquelle la floraison de l'ananas n'est possible que si le taux d'auxines dans l'apex se situe à un niveau en général dépassé n'est pas totalement infirmée par la mise en évidence du rôle primordial de l'éthylène. Une des premières actions de ce gaz selon BURG et BURG (CHON-TON-PHAN, 1971) serait d'accroître le catabolisme auxinique par augmentation de l'activité AIA oxydasique. Cette intervention ne serait qu'un cas particulier de l'action générale de l'éthylène : participation à une chaîne de transport d'électrons (CHON-TON-PHAN, 1971). Cependant, des effets plus ou moins directs de l'éthylène sur l'ADN et l'ARN sont également envisagés (ABELES, 1973).

Les travaux sur l'AIA oxydase de l'ananas ont effectivement montré que cette enzyme était potentiellement très active mais qu'il existait dans l'apex un inhibiteur phénolique très puissant qui limitait son fonctionnement *in situ* (GORTNER et KENT, 1953-1958). A l'hypothèse de GOWING qui n'a cependant jamais reçu de confirmation directe (YOT, 1967), on peut rapprocher l'observation des effets du géotropisme (VAN OVERBECK et CRUZADO, 1948 b). Les influences réciproques, avec rétrocontrôle, entre auxines et éthylène dans les plantes sont telles (LIEBERMAN, 1979) qu'il est impossible à l'heure actuelle d'accorder l'action prioritaire à tel ou tel composé.

L'incidence sur la floraison du déficit hydrique, des basses températures nocturnes, de l'ensoleillement (cf. I.4.1.1.2) et d'une croissance vigoureuse, suggère une liaison possible avec le métabolisme crassulacéen. On sait, de toute façon, depuis longtemps que la nutri-

tion carbonée intervient dans l'aptitude à la floraison des plantes. Par ailleurs, le CO_2 , inhibiteur puissant de l'éthylène (ABELES, 1973), présente bien évidemment un métabolisme remarquable dans le cas de l'ananas (cf. I. 3.2). Ainsi GLENNIE (1979 a) considère que l'effet dépressif des hautes températures diurnes sur l'induction artificielle est dû, suite à une décarboxylation intense, à un niveau trop élevé du CO_2 dans les feuilles. Une telle action n'est cependant possible que si la réincorporation du CO_2 est plus lente que sa production (cf. I. 3.2). FRIEND et LYDON (1979) n'ont pas pu apporter de preuve de l'intervention du métabolisme crassulacéen mais FRIEND (1981) a mis en évidence un parallélisme entre la différenciation florale et l'intensité du métabolisme crassulacéen en fonction de la thermopériode. Par ailleurs, selon VAN OVERBECK et CRUZADO (1948 a) l'activité auxinique serait accrue en présence d'acide malique et surtout CONWAY et BARTHOLOMEW (1977) ont montré au cours d'expériences en phytotron sur la thermopériode que la réussite du traitement d'induction était positivement corrélée avec l'acidité titrable des feuilles le matin.

Ce parallélisme entre induction florale et métabolisme carboné se retrouve également dans le *Kalanchoé*, autre plante crassulacéenne ; cependant il n'implique pas forcément une relation de cause à effet entre métabolisme crassulacéen et floraison mais plutôt un ensemble initial commun de réponses aux conditions climatiques avec dans ce cas détection des signaux externes par le phytochrome (BRULFERT *et al.*, 1979). Une situation analogue peut se retrouver dans l'ananas.

Le métabolisme crassulacéen peut, par contre, avoir une incidence directe par l'intermédiaire de la régulation stomatique sur l'induction artificielle lorsqu'elle est réalisée par l'éthylène ou l'acétylène. L'ouverture nocturne des stomates imposée par ce métabolisme peut être à l'origine de la supériorité reconnue par tous les auteurs des traitements de nuit par rapport à ceux de jour (cf. II. 10). Elle peut également expliquer la longueur — 6 heures — de l'exposition minimale mise en évidence par COOPER et REESE (1941) avec des apports d'éthylène gazeux, ces auteurs ayant vraisemblablement débuté leur traitement de jour.

I. 3.4.2. — Modifications morphologiques au niveau de l'apex

Les modifications morphologiques de l'apex entraînées par la différenciation florale n'ont été étudiées que par KERNS *et al.* (1936) dans le cas d'une floraison naturelle. Les observations après induction artificielle sont par contre plus nombreuses et plus précises puisqu'il existe avec cette technique un repère chronologique bien défini : le jour du traitement de floraison. Plusieurs cas ont été décrits ; induction de Cayenne Lisse à l'acétylène en phytotron (GIFFORD, 1969) ou à

l'acide 2 chloroéthane phosphonique aux Hawaï (BARTHOLOMEW, 1977), induction de la variété 'Masmerah' avec ces deux produits et l'ANA à Singapour (WEE et RAO, 1979).

Le premier phénomène visible au niveau cellulaire est l'augmentation trois jours après le traitement de la taille des noyaux suivie trois jours plus tard par un accroissement net du RNA cytoplasmique, preuve d'une abondante synthèse protéique.

L'apex dans son ensemble change très vite de forme : son diamètre et sa hauteur augmentent mais l'élargissement n'est que provisoire et le diamètre de l'apex passe même par une valeur minimale au moment de son retour à l'état végétatif. La conicité acquise par l'apex est le premier caractère visible macroscopiquement ; il permet une observation relativement précoce, mais forcément destructrice, de la différenciation florale d'un plant (SILVY, 1954).

Les bractées, dont les premières sont discernables vers le 6^e-7^e jour, sont initiées à un rythme beaucoup plus rapide que les feuilles. Par suite de modifications dans la morphologie et les vitesses relatives de croissance des tissus jeunes, la première bractée prend une forme typique en baïonnette (LACOEUILHE et PY, 1974). C'est en général à son aisselle qu'apparaît la première fleur dont les ébauches sont décelables vers le 10^e-11^e jour. Au 30^e jour, dans les conditions hawaïennes décrites par BARTHOLOMEW, l'ensemble des fleurs a été initié et l'apex subit une reversion vers l'état végétatif. Ce retour est beaucoup plus long que le passage à l'état floral et se traduit par la production pendant 3 semaines de bractées se rapprochant de plus en plus de véritables feuilles. Celles-ci, qui formeront la couronne, sont initiées à partir du 50^e jour.

La cinétique de ces divers événements morphogénétiques est variable. Le passage de l'état végétatif à l'état floral est toujours très rapide. Il semble cependant l'être plus avec l'acétylène qu'avec l'ANA et l'acide 2 chloroéthane phosphonique qui n'entraînent qu'une production progressive de l'éthylène, endogène dans le premier cas et exogène dans le second. La vitesse de croissance en fonction des conditions climatiques peut également intervenir puisqu'avec des produits florigènes identiques un changement dans la morphologie générale de l'apex est observé dès le deuxième jour en Thaïlande (WEE et RAO, 1979) mais seulement après le 7^e jour à Hawaï (BARTHOLOMEW, 1977).

Les mêmes facteurs peuvent intervenir dans la durée de la phase florale. Avec l'ANA, les inflorescences formées présentent un nombre de fleurs plus important qu'avec les autres agents inducteurs et cet effet peut être imputable à la persistance de l'action de l'ANA sur la production endogène d'éthylène. De même, la couronne se distingue facilement beaucoup plus vite en Côte-d'Ivoire qu'aux Hawaii ce qui peut traduire en plus d'une vitesse de croissance plus grande un retour plus rapide de l'apex à l'état végétatif.

Tous les auteurs observent de grandes variations d'un individu à l'autre dans les dimensions de l'apex sans pouvoir les rattacher à des caractéristiques morphologiques simples des organes végétatifs. C'est là un autre aspect de la floraison pour lequel les plants réagissent de façon individuelle en fonction de facteurs internes encore inexpliqués.

La différenciation des organes floraux étant étalée dans le temps, ceux du bas et du haut de l'inflorescence ne sont jamais au même stade de développement. Ces différences se maintiennent jusqu'à la récolte et sont une des caractéristiques les plus importantes du « fruit » de l'ananas.

I. 3.4.3. — Déterminisme du nombre d'yeux et du poids du fruit

Le nombre de fleurs différenciées est le premier des facteurs déterminant le poids du « fruit » et donc le rendement de la culture.

Du fait du retour du méristème à un état végétatif la période de formation d'ébauches florales a une durée nettement définie. Le nombre de fleurs produites peut dépendre de cette durée et de la vitesse de leur différenciation.

Dans le bananier où se présente une situation comparable, des fleurs mâles succédant aux fleurs femelles, GANRY (1980) a montré que la vitesse de formation des ébauches était peu variable contrairement à la durée de la phase reproductrice femelle.

Dans le cas de l'ananas, la vitesse de la différenciation des fleurs peut être liée à celle des feuilles juste avant l'induction florale (LACOEUILHE, 1975 b). Celle-ci s'accroît avec l'âge et par voie de conséquence la taille du plant mais la vigueur et donc tous les facteurs du milieu interviennent également. La liaison entre le poids du fruit et la taille du plant a été mise en évidence depuis longtemps et présente des implications agronomiques capitales (cf. II. 4).

La masse foliaire théorique qui fait intervenir le poids des feuilles et leur nombre est en corrélation plus étroite avec le poids du fruit que le simple poids de la feuille D (PY *et al.*, 1957 ; PY et PELLEGRIN, 1958 ; PY et LOSOIS, 1962 ; SING et RAMESHWAR, 1976) (Fig. 32).

Le nombre d'yeux est cependant plus étroitement corrélié avec le diamètre de la tige qu'avec son poids (LINDFORD, 1933). Cette liaison n'est peut-être pas simplement le reflet de la corrélation avec le poids du plant mais celui de l'intervention des facteurs morphogénétiques (SCHWABE, 1979).

La durée de la phase florale peut dépendre des mêmes facteurs. Les équilibres hormonaux peuvent jouer un rôle particulier. Ainsi l'ANA qui entraîne des modifications métaboliques plus progressives et plus durables que d'autres agents florigènes, provoque la formation de fruits à nombre d'yeux plus élevé (TERRY, 1975). A l'inverse, des doses trop fortes d'éthéphon provoquent la formation d'inflorescences

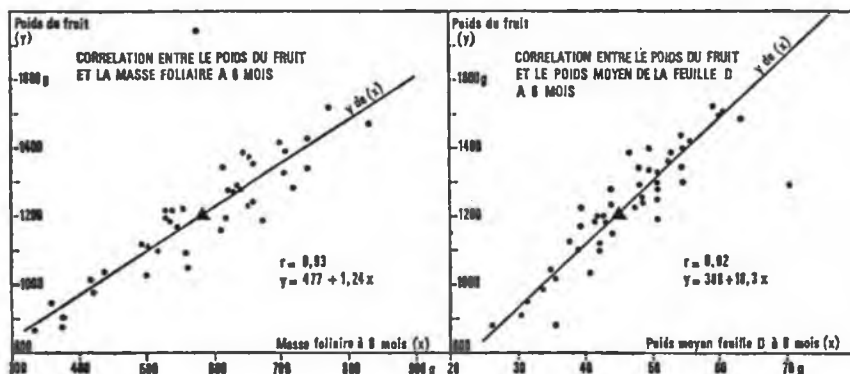


FIG. 32. — Corrélation entre le poids du fruit et la masse foliaire ou le poids moyen de la feuille D. GAILLARD *et al.*, 1970.

à nombre d'yeux réduits (KEETCH *et al.*, 1975 ; TEISSON, 1979 c) bien que toutes les observations ne confirment pas ce fait (LACOEUILHE, 1973).

Le nombre d'yeux ne détermine cependant qu'un programme dont la plus ou moins bonne réalisation, fonction essentiellement de la vie de la plante dans la phase de fructification, conditionne le deuxième terme du poids du fruit : le poids de l'œil. Celui-ci dépendra de facteurs climatiques, nutritionnels et parasitaires. Une corrélation entre le poids du plant et du fruit n'est donc valable que pour la situation géographique et climatique (COMBRES, 1979 b) dans laquelle elle a été établie.

I.3.5. — CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT DE L'INFLORESCENCE. PHYSIOLOGIE DU FRUIT

I.3.5.1. — Aspects généraux

La montée de l'inflorescence dans le cœur de la rosette des feuilles est représentée dans la figure 33. Avant son émergence on peut observer, au fond du cœur des feuilles qui s'élargit, le plateau clair formé par le sommet de la couronne. C'est à peu près à ce stade qu'a lieu la méiose pollinique (SCHWENDIMAN, 1980). Lorsque l'inflorescence commence à apparaître elle est complètement entourée de bractées d'un pourpre intense : c'est le stade « red heart » des anglophones suivi 1 à 2 semaines plus tard par le stade « rose ou red bud » lorsque l'inflorescence commence à se dégager (Photo 24). Avant ce stade la présence de l'inflorescence peut être décelée en arrachant du cœur une très jeune feuille : alors que sur un plant au stade végétatif les

bords de sa partie basale sont plus ou moins rectilignes ils présentent ici un vallonement prononcé dû à la pression de l'inflorescence.

L'épanouissement des fleurs coïncide avec l'anthèse et s'étale sur une quinzaine de jours du bas au haut de l'inflorescence. Ce stade, le seul qui puisse être défini aisément, est une étape importante dans le développement de l'inflorescence puisqu'il correspond également au début de la croissance de la tige de la couronne, restée jusqu'à ce jour indifférenciée et à l'arrêt de l'élongation du pédoncule (Fig. 34) (TEISSON, 1973 c ; NORMAN, 1980 a). Une hauteur excessive du pédoncule favorise la verse du fruit et les inconvénients qui en résultent (cf. I. 4.1.4.3).

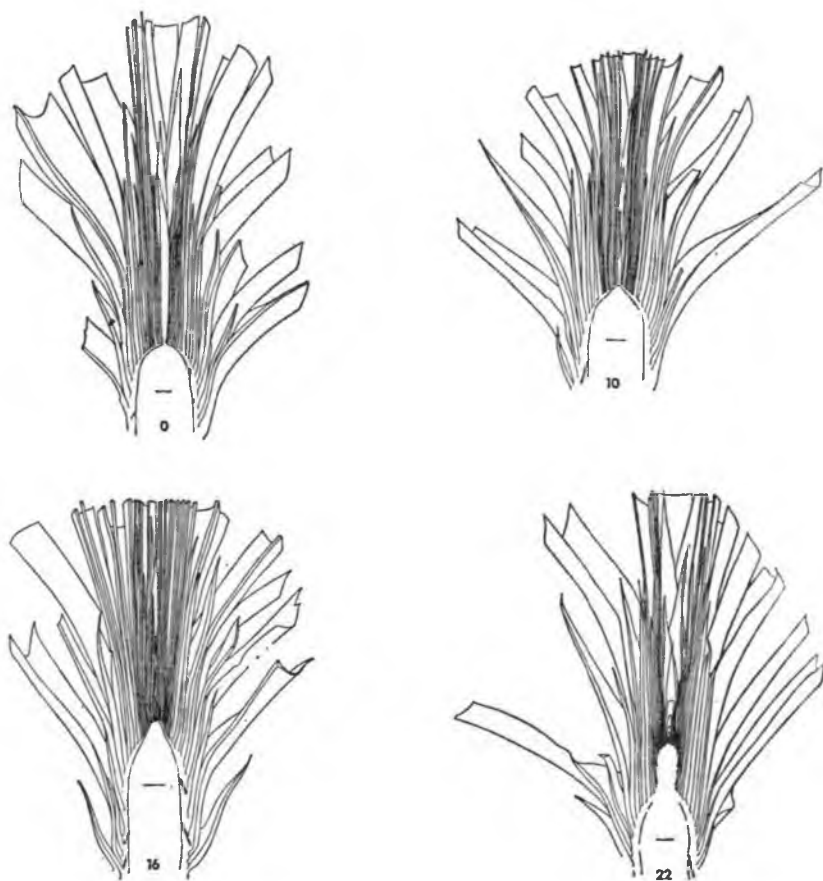
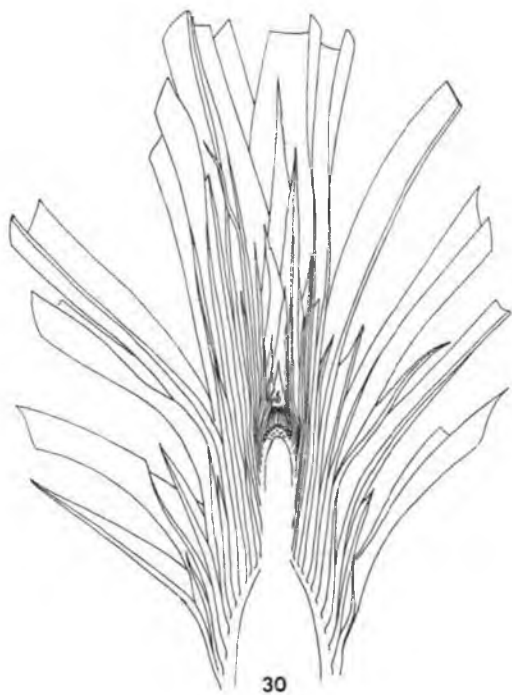
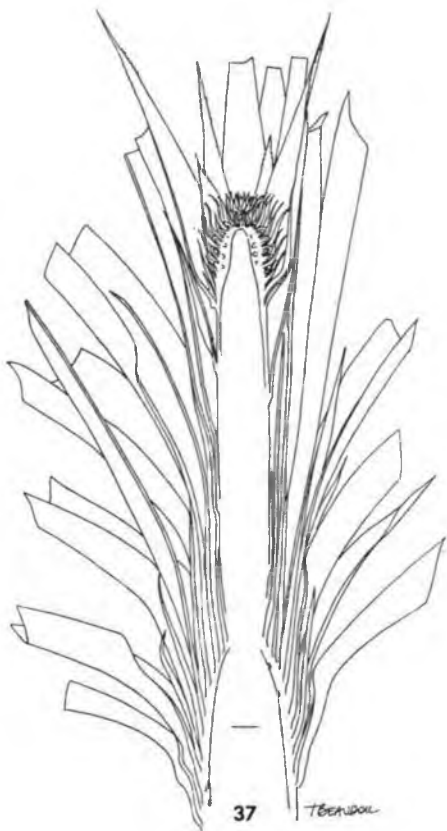


FIG. 33. — Montée de l'inflorescence dans le cœur de la rosette des feuilles, en Côte-d'Ivoire. Dates en jours après le jour 0, moment de l'induction artificielle au carbure de calcium.



30



37

T. B. S. D. L.

La croissance du fruit se fait par multiplication des cellules jusqu'à l'anthèse puis par simple augmentation de leur taille (OKIMOTO, 1948). A maturité les cellules sont complètement distendues ; leur volume atteint $19 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3$ (SINGLETON, 1965) et les parois de certaines d'entre elles sont proches de la désintégration d'où une très grande fragilité de la pulpe.

Les courbes de croissance en poids frais de l'inflorescence et du fruit suivent une sigmoïde classique (fig. 35) assimilée par SIDERIS et KRAUSS (1948) à une courbe répondant à l'équation :

$$\log \frac{x+a}{A-x} = \log \frac{a}{A} + Kt$$

où a est le poids initial et A le poids final.

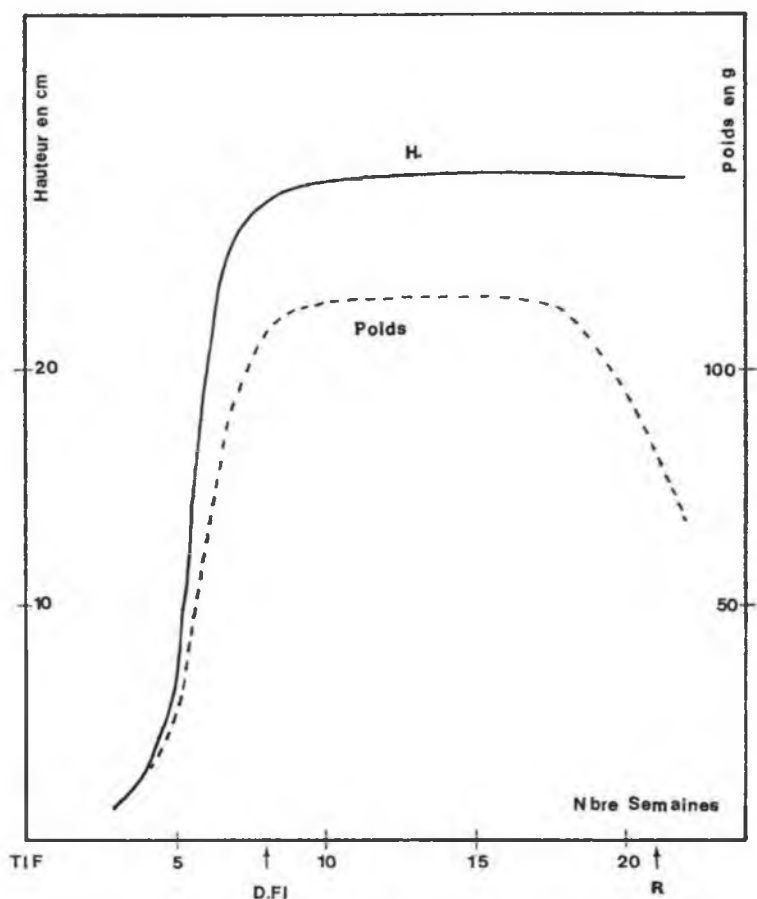


FIG. 34. — Croissance du pédoncule. TIF : jour du traitement d'induction florale ; D.fl : début de l'épanouissement des fleurs ; R : récolte du fruit.

L'évolution d'un fruit coupé immature se caractérise par rapport à celle d'un fruit laissé sur la plante par un arrêt de l'enrichissement en sucres et de l'appauvrissement en acides titrables (SINGLETON, 1959). Les sucres qui s'accumulent dans le fruit proviennent soit d'une photosynthèse immédiate soit d'une mobilisation des réserves amy-lacées des organes végétaux. Cette participation des réserves a lieu surtout à l'approche de la maturation (LACOEUILHE, 1979 b ; TEISSON, 1979 e) mais son importance est mal connue. Elle semble plus grande en hiver qu'en été (GREEN, 1963) et pourrait donc contrebalancer une déficience de l'activité photosynthétique (NIGHTINGALE, 1942). Aux Hawaï où le métabolisme crassulacéen doit être plus important qu'en

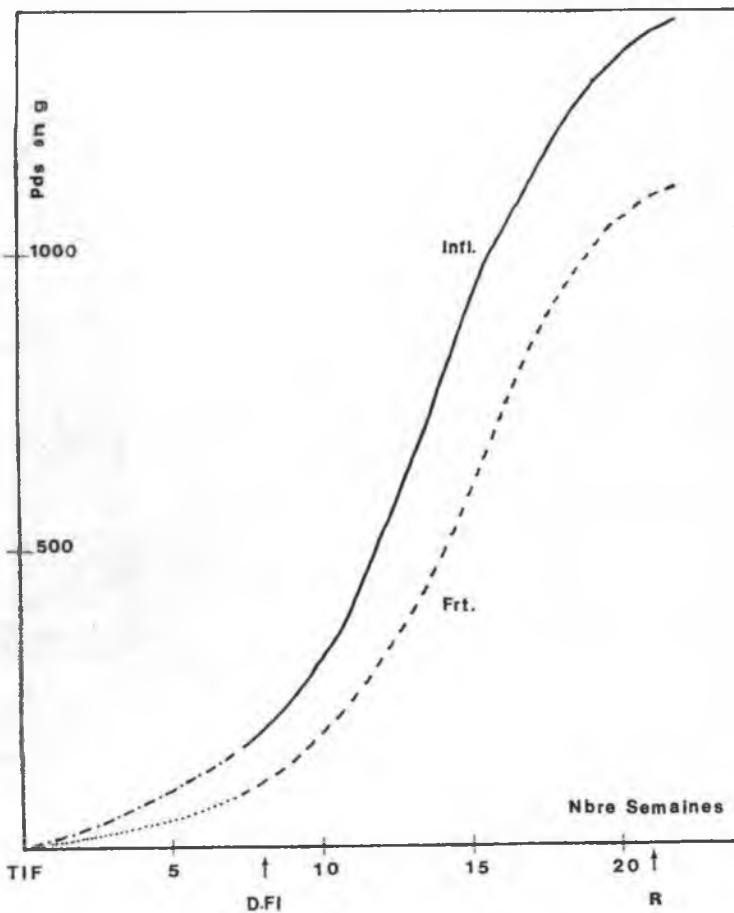


FIG. 35. — Évolution du poids frais du fruit et de l'inflorescence (fruit, pédoncule et couronne). TIF : jour du traitement d'induction florale ; D.Fl : début de l'épanouissement des fleurs ; R : récolte du fruit.

Côte-d'Ivoire les réserves amylacées de la tige sont plus élevées et semblent être mobilisées plus tôt (BARTHOLOMEW, 1979).

La durée de la phase de fructification jusqu'à la maturation du fruit dépend de la nature du cultivar. C'est pour le groupe Cayenne lisse et surtout Pernambuco qu'elle est la plus longue, pour les groupes Red Spanish et Queen qu'elle est la plus courte (PY et TISSEAU, 1965). En fonction de conditions climatiques elle subit des variations très importantes (cf. I. 4.1.4.1).

1.3.5.2. — Modifications physico-chimiques à l'approche de la maturation

Peu avant la maturation de l'ananas, la respiration croît régulièrement de 10 à 15 ml de $\text{CO}_2/\text{kg/h}$ sans présenter d'accroissement brutal de type climactérique (DULL *et al.*, 1967). Ce type d'évolution respiratoire peut être mis en liaison (PRATT, 1974) avec la faiblesse de la concentration interne en éthylène qui varie de 0,16 à 0,4 p.p.m. (BURG et BURG, 1962).

Malgré l'absence de crise climactérique deux étapes dans l'évolution des caractéristiques du fruit ont pu être mises en évidence (GORTNER *et al.*, 1967).

Un premier stade est défini environ 7 semaines avant la récolte du fruit par un minimum dans les concentrations en azote soluble et en pigments de la chair ainsi que par le début de l'accroissement de son acidité et sa teneur en sucres. Le rythme d'émission foliaire de la couronne commence à ralentir à ce moment là (fig. 36).

Quatre semaines plus tard le fruit et l'ensemble de l'inflorescence sont le siège de profonds bouleversements physiques et biochimiques qui constituent vraisemblablement les premières manifestations du phénomène de la maturation. Parmi celles-ci GORTNER (1965) a observé aux Hawaii le début de la synthèse des caroténoïdes de la pulpe et de la dégradation de la chlorophylle de l'épiderme qui démasque les caroténoïdes déjà présents (fig. 37). En Côte-d'Ivoire, PINEAU (1977) a noté à peu près à la même époque un ralentissement de l'accroissement en poids frais et une accélération de celui en poids sec (fig. 38) qui traduisent une diminution de l'alimentation hydrique et une augmentation de celle en substances élaborées. Cette double évolution est confirmée par d'autres phénomènes plus ou moins synchrones : augmentation de la teneur en matière sèche de la pulpe et de l'indice réfractométrique de son jus (fig. 39) alors que l'augmentation en volume du fruit se ralentit. Quelques jours plus tard le pédoncule se dessèche, sa teneur en matière sèche augmente ainsi que l'indice réfractométrique d'un broyat (fig. 40) ce qui confirme l'importance des migrations à partir des organes végétatifs pour l'accumulation des sucres dans le fruit.

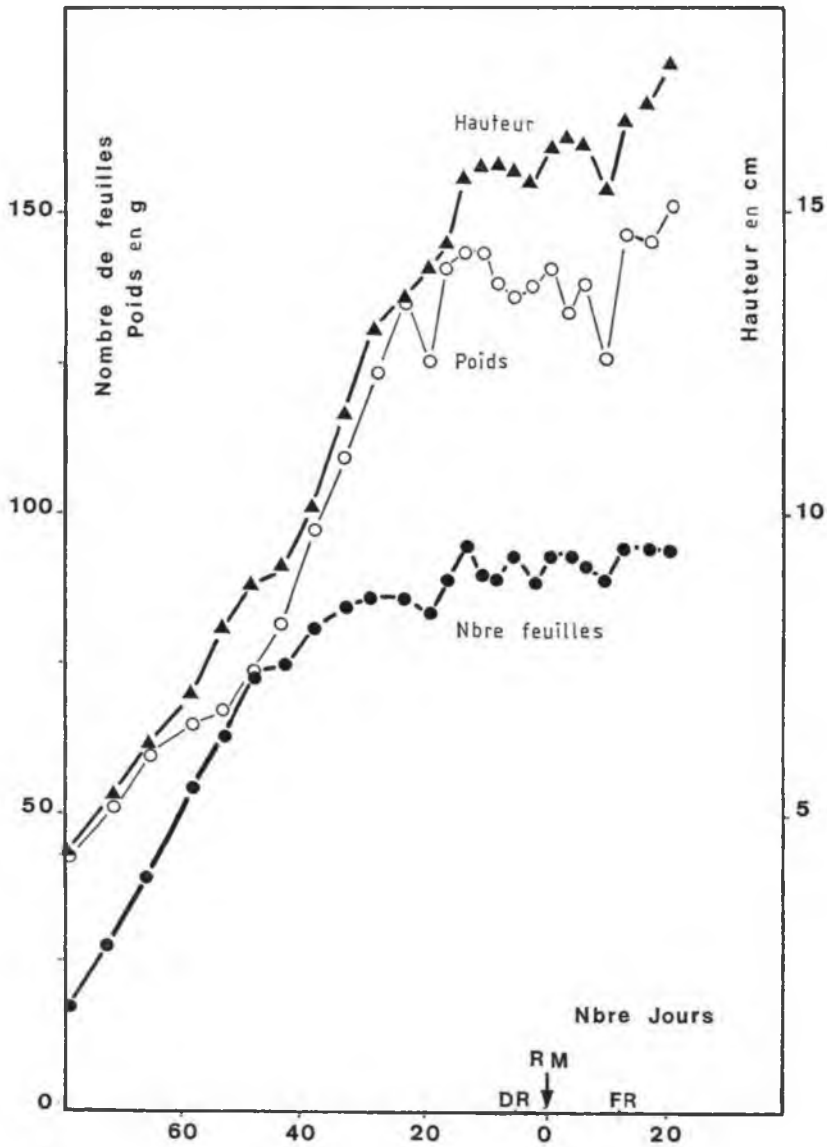


FIG. 36. — Évolution des caractéristiques de la couronne à l'approche de la récolte. DR : début de récolte de la parcelle ; RM : récolte maximale ; FR : fin de récolte.

Au même instant la couronne cesse son émission foliaire et sa croissance pondérale (fig. 36) : elle entre en dormance peu de temps avant la récolte. La durée du développement du fruit pourrait ainsi conditionner, au moins partiellement, le poids final de la couronne. En Côte-d'Ivoire où l'intervalle traitement de floraison-récolte est court (cf. I. 9.1.4.1), les couronnes ont un poids très faible.

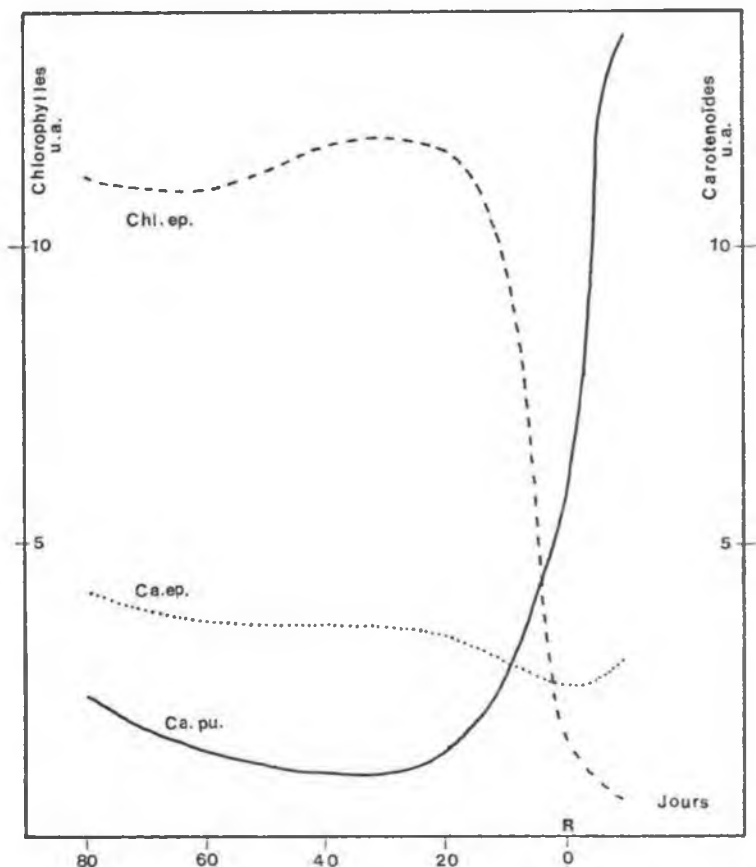


FIG. 37. — Évolution des pigments à l'approche de la récolte. Chl ép : chlorophylle de l'épiderme ; Ca ép : caroténoïdes de l'épiderme ; Ca pu : caroténoïdes de la pulpe ; R t : récolte théorique.

Trois semaines avant la récolte du fruit l'inflorescence passe donc par une étape importante ; les modifications qui ont lieu à ce moment là sont malheureusement peu perceptibles par simple observation visuelle. C'est également à partir de ce moment que les taches noires (I. 4.2.1.3) commencent à se développer tout au moins dans la variété Cayenne Lisse (MOURICHON, 1982).

Sans être en apparence liées directement à ce stade de développement d'autres caractères du fruit évoluent fortement à l'approche de la récolte. L'acidité du jus passe par un maximum très net peu de temps avant la récolte optimale du fruit (fig. 41) (HUET, 1958; SINGLETON et GORTNER, 1965; PINEAU, 1977). Les deux facteurs les plus

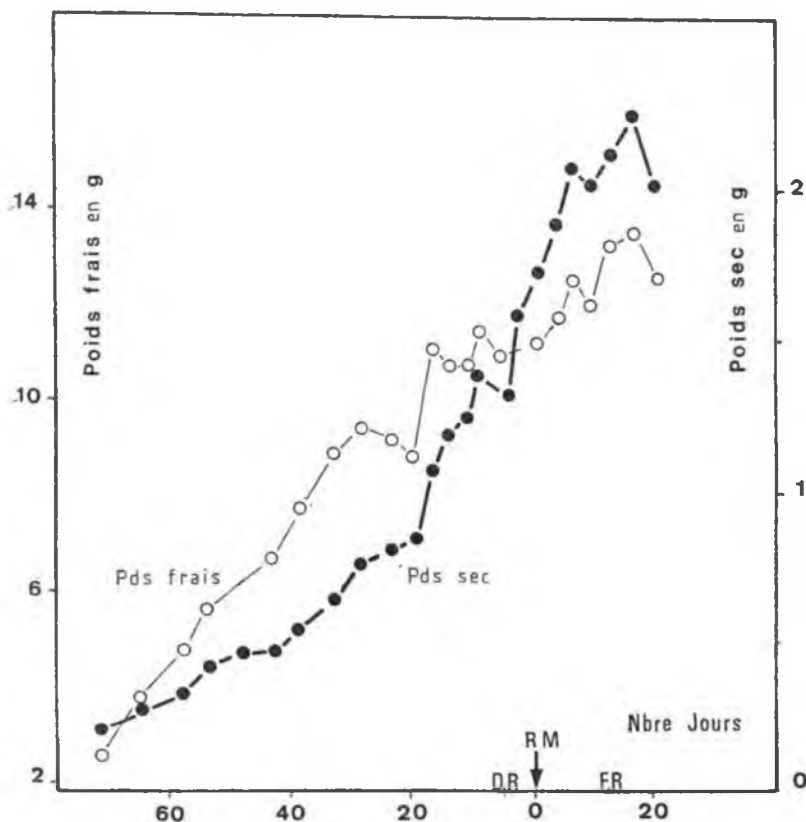


FIG. 38. — Évolution du poids frais et du poids sec d'un œil à l'approche de la récolte. DR : début de récolte de la parcelle ; FR : fin de récolte ; RM : récolte maximale.

importants pour la qualité gustative des fruits — teneur en sucres et acidité — évoluent donc fortement et en sens inverse, à l'approche de la récolte dont le stade précis pourra faire varier de façon notable la qualité du fruit.

L'activité protéolytique du jus (GORTNER et SINGLETON, 1965) ainsi que sa teneur en acide ascorbique (PINEAU, 1977) diminuent brutalement à l'approche de la maturité.

Le volume des locules (cf. I.3.1.5.1) se réduit très progressive-

ment et détermine ce que l'on appelle le « remplissage » du fruit d'autant plus important que la maturation est avancée. Les poches d'air présentes entre les cellules et qui donnent à la pulpe son aspect opaque et au fruit sa densité inférieure à 1 (SINGLETON, 1965) ne disparaissent que très tardivement lorsque les parois cellulaires sont lésées. La chair devient alors translucide (BOWDEN, 1969).

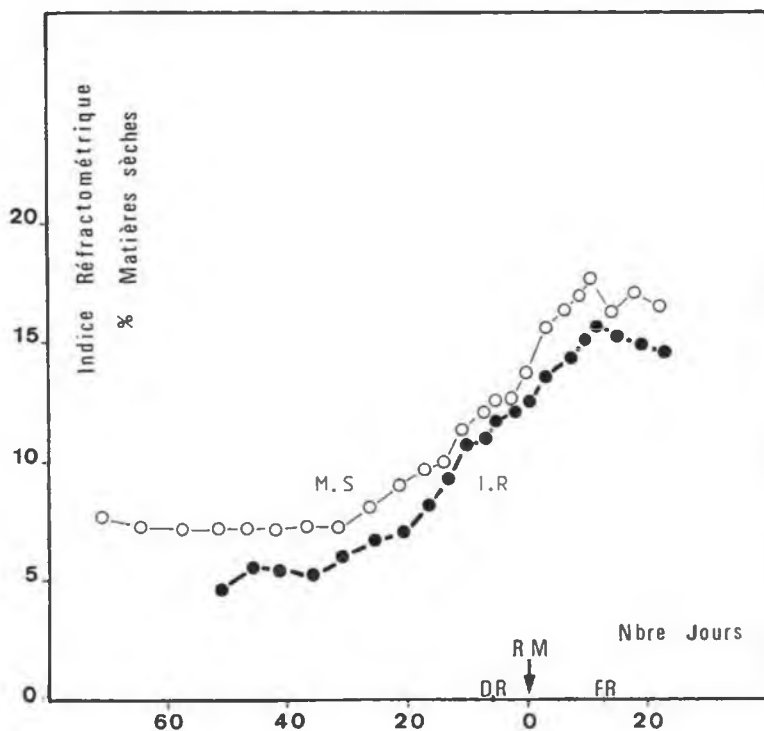


FIG. 39. — Évolution de l'indice réfractométrique du jus et de la teneur en matière sèche de la pulpe à l'approche de la récolte. DR : début de récolte de la parcelle ; FR : fin de récolte ; RM : récolte maximale.

En même temps que la coloration de l'épiderme passe du quart à la totalité de la hauteur du fruit, le volume d'air dû à ces poches intercellulaires, mais surtout aux locules, passe d'environ 10 % à 6 % du volume du fruit (TEISSON, 1976).

HUET (1972) a montré que les ananas verts sont de façon générale beaucoup moins riches en constituants volatils aromatiques que les ananas mûrs. Cependant, la différence entre les fruits tournants et ceux dont l'épiderme est entièrement jaune n'apparaît pas très net-

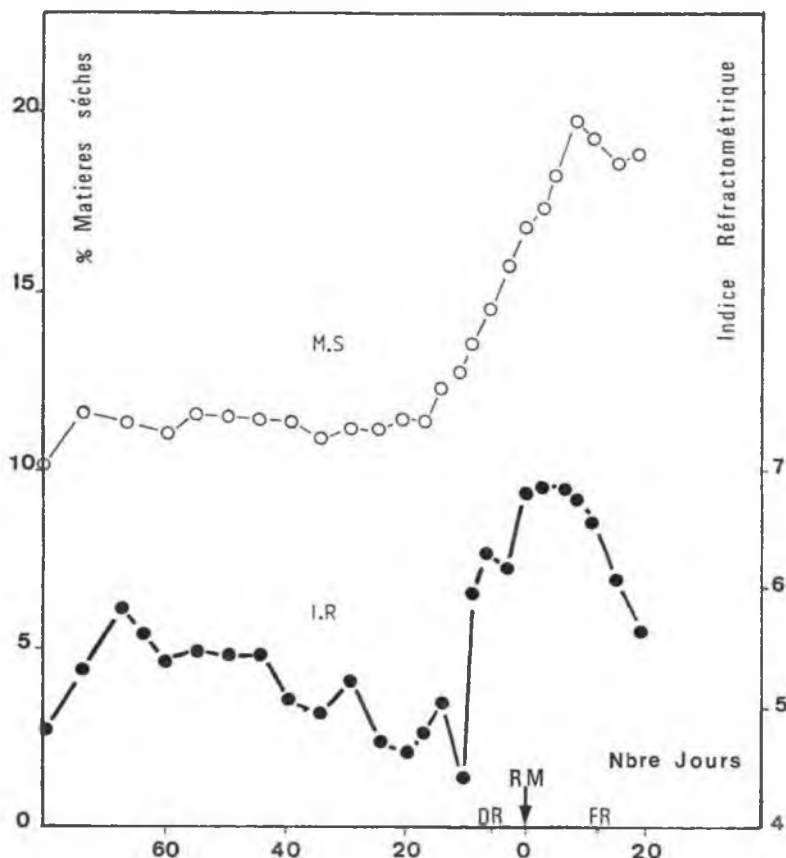


FIG. 40. — Évolution de la teneur en matière sèche du pédoncule et de l'indice réfractométrique d'un broyat du pédoncule à l'approche de la récolte. D R : début de récolte de la parcelle ; F R : fin de récolte ; R M : récolte maximale.

tement et il existe de grandes variations, pour une coloration donnée de l'épiderme, aussi bien dans la concentration d'un même composé volatil que dans le rapport de concentration des différents constituants. Au cours des dernières étapes de la maturation l'évolution des constituants volatils ne permet donc pas de caractériser avec précision le degré de maturité du fruit.

I. 3.5.3. — Interférence des produits florigènes et autres substances de croissance

La nature des agents florigènes peut avoir des incidences particulières sur le développement de l'inflorescence.

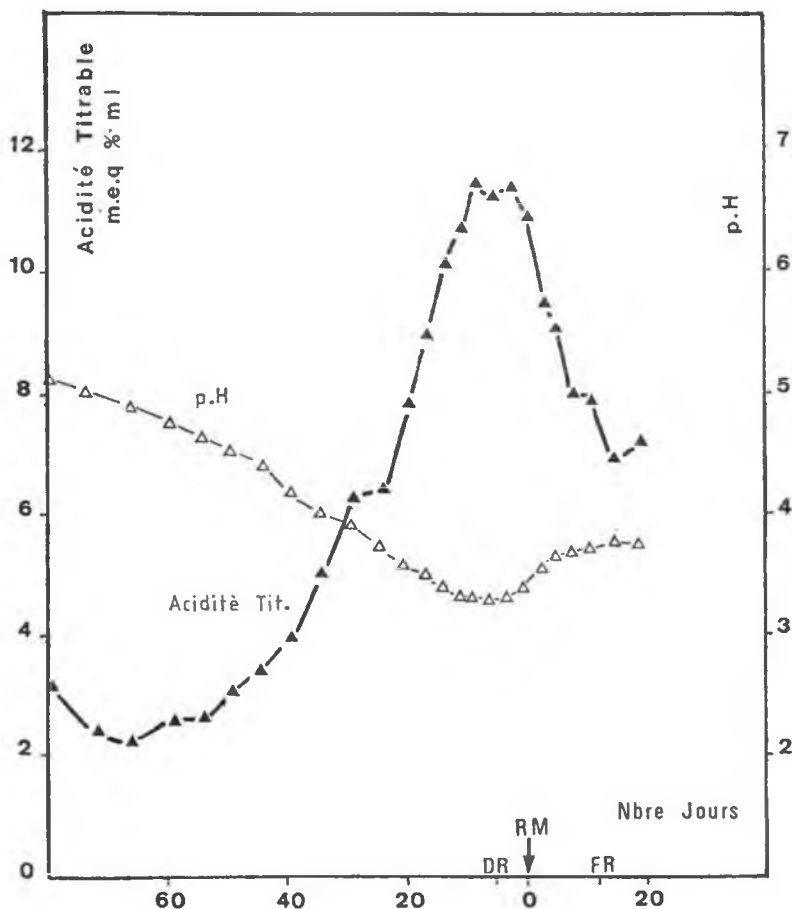


FIG. 41. — Évolution de l'acidité titrable et du pH du jus de fruit à l'approche de la récolte. DR : début de récolte de la parcelle; FR : fin de récolte; DR : début de récolte de la parcelle; FR : fin de récolte; RM : récolte maximale.

L'ANA entraîne par son mode de fonctionnement (cf. I.3.4.1.2) un développement plus lent que l'acétylène ou l'éthylène et une récolte plus tardive des fruits. Il provoque également la production de fruits coniques surtout lorsque les plants sont traités en période de croissance active (PY et TISSEAU, 1965), et un allongement excessif du pédoncule (PY *et al.*, 1957).

L'emploi du 2-4-D pour l'induction florale entraîne une récolte plus tardive que l'ANA (HUSSAIN *et al.*, 1973).

L'utilisation de l'acide 2 chloroéthane phosphonique se traduit souvent par la production de fruits petits portant des grosses couronnes (GONZALES *et al.*, 1975; TEISSON, 1979).

CLARK et KERNS, dès 1943, ont montré que l'ANA appliqué quelques semaines après la différenciation florale entraîne, comme lorsqu'il est utilisé pour l'induction de la floraison, un retard à la maturation. Par la suite, MEHRLICH (1950) puis GORTNER (1969) ont mis respectivement en évidence des effets identiques de l'acide beta-naphtoxyacétique et 2-4-5 trichlorophénoxyacétique. GORTNER et LEEPER (1969), en étudiant l'effet de traitements après récolte, ont montré que de nombreux composés, et en particulier des dérivés des acides phénoxyacétique et phénoxy- α -propionique, retardaient l'évolution des fruits.

De ces différents composés l'ANA ou le SNA (POIGNANT, 1969 a) et l'acide 2-3 chlorophénoxypropionique (DALLDORF, 1978b) ont été les plus étudiés leur application sur le fruit en développement entraînant une augmentation, parfois spectaculaire, du poids du fruit. Cette action se fait par une amélioration du remplissage en particulier dans la partie haute du fruit. Elle peut être liée au retard à la maturation du fruit et donc à une accumulation prolongée des métabolites mais la précocité des dates d'application efficaces peut suggérer l'intervention d'autres phénomènes.

Avec le SNA la translucidité du fruit est améliorée, le diamètre du pédoncule est augmenté et celui du cœur diminué.

L'emploi de ces différents composés n'est pas sans danger, ils ont en effet tendance à diminuer la qualité du fruit en baissant les teneurs en sucres. L'acide 2-3 chlorophénoxypropionique peut provoquer en outre une baisse des acides et une altération partielle de la couronne.

Des applications d'éthylène exogène ne modifient pas l'intensité respiratoire du fruit (DULL *et al.*, 1967) mais agissent très fortement sur la coloration de l'épiderme (AUDINAY, 1970) à tel point que cet effet est utilisé dans la pratique agricole (cf. II.11.2.2.).

I.3.5.4. — Appréciation de la maturité

Les critères de la maturation, qu'ils soient chimiques (teneurs en sucres, en acides, en pigments...) ou physiques (fermeté liée à l'état des parois cellulaires, translucidité, remplissage) interviennent de façon différente en fonction du devenir du fruit et des contraintes techniques et économiques (cf. II.11). Ils sont influencés et les liaisons entre eux modifiées par de nombreux facteurs tant climatiques que nutritionnels, parasitaires (cf. I.4.1.4) ou individuels. Ainsi, plus un ananas est gros plus l'évolution de sa coloration externe est en retard par rapport à celle des caractères internes mais les conditions climatiques interfèrent très fortement sur cette relation (cf. I.4.1.4.1).

La détermination du point de coupe optimal est donc délicate d'autant plus que l'ananas est un fruit composé dont le haut se trouve

toujours à un stade de développement moins avancé que le bas. Ce stade de coupe n'intéressera donc jamais le fruit dans son entier.

Pour répondre aux besoins pratiques le critère le plus facilement observable, la coloration extérieure, joue un rôle prépondérant dans la définition de la maturation. Cette coloration progresse du bas vers le haut et la hauteur qu'elle atteint définit en général le degré de maturité (photo 26). Les stades les plus précoces sont définis par les nombres d'yeux dont la pigmentation chlorophyllienne commence à disparaître.

Dans certains cas on préfère déterminer le stade de maturité en estimant le remplissage d'après le son rendu par le fruit sous l'effet d'une chiquenaude (HUANG YUNG CHAN *et al.*, 1960).

I.3.5.5. — Physiologie du fruit après récolte

L'ananas est un fruit thermiquement fragile qui nécessite une réfrigération même pour des délais relativement brefs de conservation. Cette réfrigération n'a pas pour but de permettre un stockage prolongé suivi d'un achèvement de la maturation mais simplement de conserver en bon état et pendant un temps limité un fruit récolté mûr.

SINGLETON (1957) a étudié les effets des différentes températures. L'évolution de la coloration externe n'est nettement ralentie qu'en dessous de 18° C, à 7° C elle est pratiquement nulle. Le degré Brix des fruits diminue dans tous les cas mais d'autant plus vite que la température est élevée.

En dessous de 24° C l'acidité titrable augmente. Cette acidification des ananas réfrigérés est un phénomène bien connu (HUET et TISSEAU, 1959). A basse température la synthèse des acides organiques dans la pulpe l'emporte donc sur leur consommation respiratoire.

L'acidification des fruits conservés par réfrigération peut poser des problèmes gustatifs non négligeables lorsque l'acidité au moment de la récolte est déjà élevée (CROCHON *et al.*, 1981). L'enrobage des ananas dans une cire alimentaire diminue cette acidification, en particulier au niveau de l'acide citrique (TISSEAU et SOLER, 1982 ; PAULL et ROHRBACH, 1982) (cf. III.1.1.1.2) ; les phénomènes respiratoires interviennent donc dans cette synthèse des acides organiques. Sur pied celle-ci doit également avoir lieu dans le fruit lui-même et dans une région proche de l'épiderme si on se réfère au gradient d'acidité dans la pulpe.

Des températures trop basses (4° C) empêchent une bonne coloration de la peau et entraînent l'apparition dans la pulpe d'une couche sous-épidermique translucide et grisâtre. La meilleure température de conservation se situe donc entre 7 et 10° C (GINSBURG, 1953 ; PY *et al.*,

1957) ; après deux semaines entre 7,5 et 12,5° C un ananas présente encore un aspect satisfaisant pendant une semaine (AKAMINE, 1963).

La réfrigération peut entraîner une altération de la chair : le Brunissement interne (cf. I. 4.1.4.3).

La conservation en atmosphère contrôlée — appauvrie en oxygène et/ou enrichie en CO₂ — présente peu d'intérêt pratique (DULL *et al.*, 1967) si ce n'est dans le contrôle du brunissement interne mais elle peut alors entraîner des modifications inacceptables de la saveur du fruit (TEISSON, 1977).

I. 4. ÉCOLOGIE

I. 4.1. — LA PLANTE ET LE MILIEU PHYSIQUE

I. 4.1.1. — La plante et le climat

Un examen rapide de la répartition de l'ananas dans le monde montre que le principal facteur qui limite son extension est la température. *Ananas comosus* est une plante pantropicale qui ne peut survivre à des gelées prolongées. Sa zone de dispersion est grossièrement comprise entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, en évitant les massifs montagneux trop froids et les zones désertiques trop sèches et trop ensoleillées¹. A l'intérieur de cette aire de répartition, sa principale caractéristique est d'être adaptée à des pluviosités beaucoup plus faibles que de nombreuses espèces ayant un intérêt agricole. A ce titre, l'ananas peut présenter un intérêt particulier pour la valorisation de régions pauvres ou non mises en valeur des tropiques semi-arides (MARZOLA et BARTHOLOMEW, 1979).

Dissocier l'action des différents facteurs climatiques est difficile dans la nature. En principe seules des études en milieu contrôlé le permettent, mais les résultats ne sont pas toujours transposables facilement dans la pratique agronomique, car tous les facteurs y interviennent simultanément. Le cas de l'ananas est particulièrement compliqué par son métabolisme carboné de type crassulacéen.

En effet, avec ce type de métabolisme, un comportement observé à un moment déterminé dans des conditions définies, ne montre qu'une des possibilités du CAM (BRULFERT *et al.*, 1979) résultat de la coexistence et de la superposition de faisceaux de comportements oscillatoires, ayant à première vue des caractéristiques et des origines très différentes et non réductibles en apparence à des causes communes (QUEIROZ, 1970). Des travaux récents ont montré la modification progressive des mécanismes de régulation impliqués dans le CAM. Les conditions auxquelles la plante a été soumise antérieurement influencent son comportement qui apparaît donc complexe et

1. La climatologie des principales zones de culture est représentée dans la figure 42.

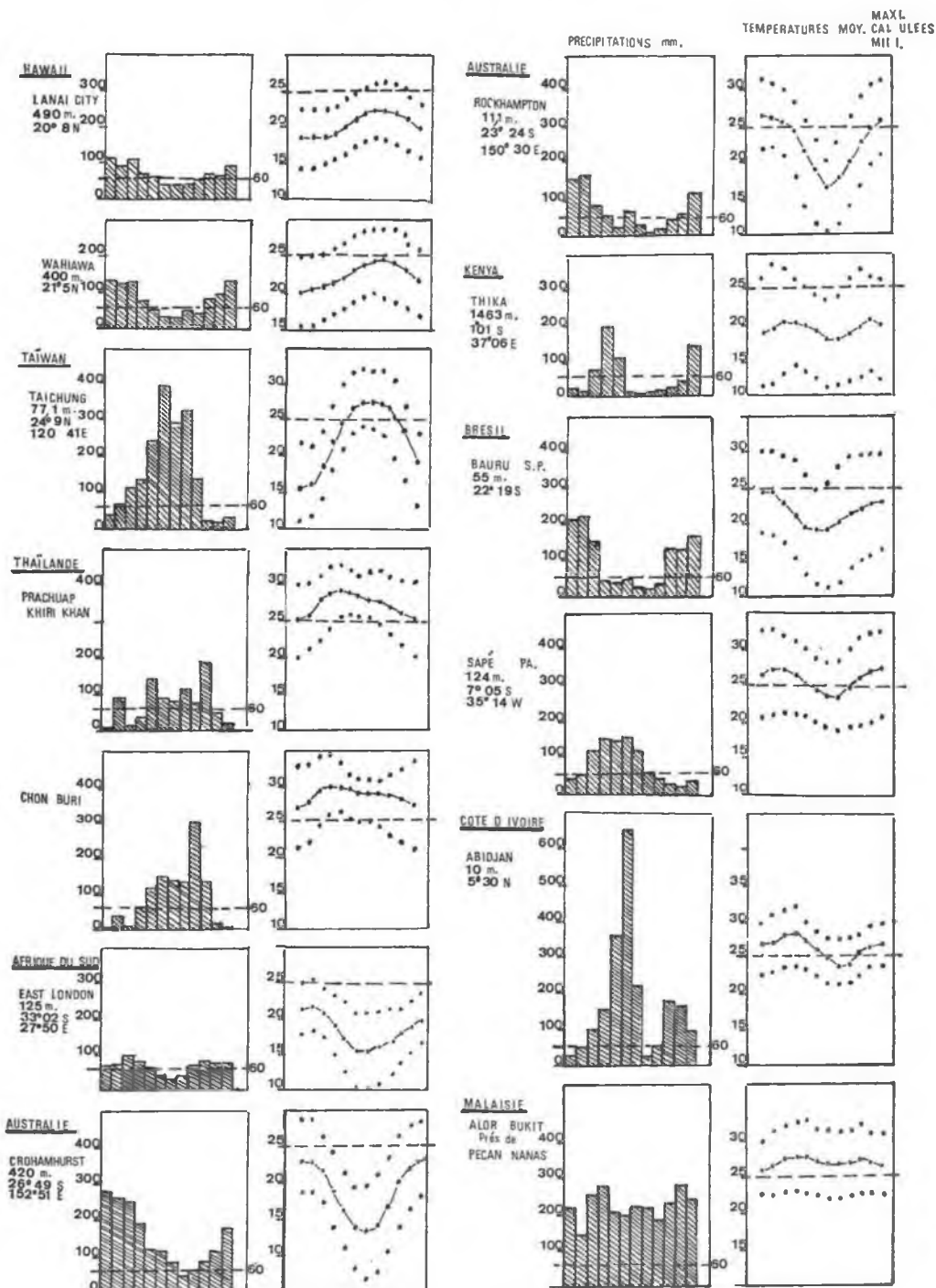


FIG. 42. — Pluviosité et températures de plusieurs des principales zones de production d'ananas du monde.

difficile à schématiser. On conçoit les obstacles rencontrés pour agir sur le système, pour prévoir ses réactions à une modification imposée. De plus, comme les rendements photosynthétiques des métabolismes mésophytiques et crassulacéens sont différents, la prévision déterministe de la production de matière sèche par exemple est excessivement difficile et on ne peut guère, du moins pour l'instant, que l'observer.

Pour montrer l'incidence du climat sur les principaux caractères culturaux, on peut citer les essais réalisés, avec du Cayenne Lisse de type local, au pied du Mont Cameroun (AUBERT *et al.*, 1973). Les principaux résultats sont indiqués dans le tableau 12. La pluviométrie annuelle, comme sa répartition mensuelle, est sensiblement identique. Ce sont essentiellement la température et l'insolation qui varient.

TABLEAU 12

Incidence du climat sur les principaux caractères culturaux

SITUATION	TIKO	MOLYKO	BUÉA
ALTITUDE	0	550 m	1.000 m
Temp. maxi (°C)	30,2	27,6	25,0
Temp. mini (°C)	22,3	17,7	14,9
Pluie (mm)	2 675	2 780	2 600
Insolation (h)	1 575	1 290	850
Plantation-récolte (mois)	15	16	17
Induction florale-récolte (mois)	5	6	7
Poids du fruit (g)	2 740	2 420	1 620
Acidité (mé)	8,1	10,8	16,9
Extrait sec (° brix)	13,6	14,4	13,9
% de plants portant un rejet à récolte du fruit.	17	27	69

En Martinique, PY (1963 a) a obtenu des résultats analogues au pied de la Montagne Pelée. Entre 380 m et 50 m d'altitude, la masse foliaire au moment de l'initiation florale est multipliée par 2,5, toutes les opérations culturales étant identiques. Le poids moyen des fruits est augmenté de 58 %.

On peut cependant tenter d'évaluer la potentialité agronomique des zones climatiques en confrontant le comportement de l'ananas dans différentes parties du monde et les résultats expérimentaux. Une technique a été mise au point (NEILD et BOSHELL, 1976) en prenant en compte les caractéristiques mensuelles de la température et de la pluviométrie. Elle s'applique essentiellement au cultivar Cayenne Lisse destiné à la conserverie.

I. 4.1.1.1. — ACTION DU CLIMAT SUR LA CROISSANCE VÉGÉTATIVE

I. 4.1.1.1.1. — *Température*

Selon la température moyenne du lieu, le phénotype de la plante peut prendre des aspects très divers qui laisseraient croire à des cultivars différents.

Dans les régions continuellement chaudes et humides (zones de basse altitude proches de l'équateur) la masse foliaire est importante

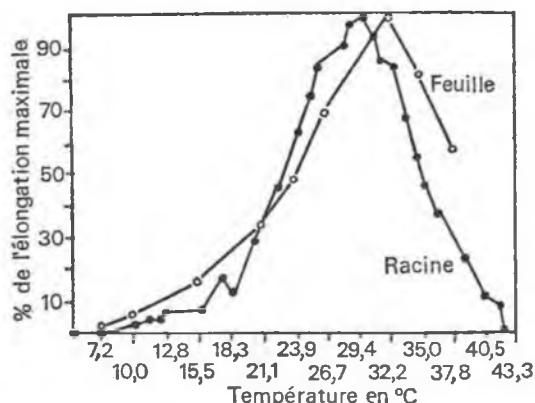


FIG. 43. — Action de la température sur l'élongation de la feuille et de la racine (SANFORD, 1962).

voire exubérante. Les feuilles sont nombreuses, larges, souvent molles. Les bords du limbe sont parfois ondulés dans les premiers stades de croissance.

Dans les zones d'altitude de ces mêmes régions, la température est plus basse et la croissance est plus lente. Les feuilles sont plus étroites, plus rigides, plus courtes et moins nombreuses.

Entre ces deux extrêmes, il existe toute une gamme de types intermédiaires.

Le rythme d'apparition des feuilles est influencé par la température. Selon SHIROMA (1972) le nombre de feuilles (N) apparues en un mois est lié, dans les conditions de son expérience, à la température moyenne mensuelle (T) par la relation :

$$N = 18,125 \times \text{Log}_{10} T/11,669$$

L'action de la température sur la croissance de l'ananas est souvent représentée par les courbes citées par SANFORD (1962) qui concernent l'élongation des feuilles et des racines (fig. 43) avec un

optimum situé respectivement aux environs de 29° C et 32° C. Mais ces deux critères correspondent mal à la vitesse de production de la matière sèche qui dépend également de la thermopériode (Tab. 13).

TABLEAU 13

**Effet de la thermopériode sur l'élongation de la feuille
et sur la masse sèche du plant de la Cayenne Lisse
(BARTHOLOMEW et KADZIMIN, 1977)**

Température jour/nuît (°C)	Température moyenne (°C)	Vitesse d'élongation de la feuille % vitesse maximale	Masse sèche du plant à 8 mois % masse maximale
30/26	28	100	100
30/30	30	78,1	48,2
26/22	24	63,9	89,5
22/22	22	61,9	75,5
28/18	20	47,7	80,8

En conditions contrôlées, l'adaptation à une thermopériode demande plusieurs jours (CONNELY, 1972) et de telles études doivent être conduites sur une durée suffisante. En conditions réelles, c'est bien entendu la thermopériode des tissus foliaires qui intervient. Elle dépend du port du cultivar (AUBERT et BARTHOLOMEW, 1973) du rayonnement net, du vent. Il s'y ajoute l'inertie thermique des tissus succulents de la feuille et sa faible régulation thermique.

Au cours de la journée la température de surface du limbe est très largement supérieure à la température à l'intérieur du couvert végétal, qui est elle aussi différente de la température de l'air sous abri. De plus la morphologie de la plante conduit à un gradient de température très important le long de la feuille...

Ces différences de température sont suffisamment élevées pour qu'on puisse s'attendre à des différences notables au niveau des réactions enzymatiques (AUBERT et BARTHOLOMEW, 1973).

Au cours de la nuit, la température du limbe est au contraire inférieure à celle de l'air et les pertes d'énergie par rayonnement dépendent de la couverture du sol très variable avec l'âge de la plante (fig. 62 dans I. 5).

Dans des conditions de températures relativement basses, au Japon, la couverture du sol par un film de polyéthylène noir a eu, en

élevant la température du sol, un effet plus favorable sur la croissance que l'effet de serre (OGURA *et al.*, 1968). Des travaux IRFA ont conduit à des résultats équivalents dans la région parisienne (PELEGRIN, 1960).

Il en est de même dans les régions où la culture de l'ananas est plus importante. Aux Hawaï (EKERN, 1967) l'élévation de la température moyenne du sol, obtenue avec une couverture de polyéthylène induit une augmentation de croissance qui peut s'ajuster sur l'équation de la courbe citée par SANFORD (1962) :

$$\log (m/m_0) = 0,075. T - 2,2$$

où m et m_0 représentent la masse du plant aux instants 0 et t .

L'action de la couverture du sol est d'ailleurs assez complexe (fig. 44) et dépend de la couleur du film utilisé (PY et TISSEAU M. A., 1965).

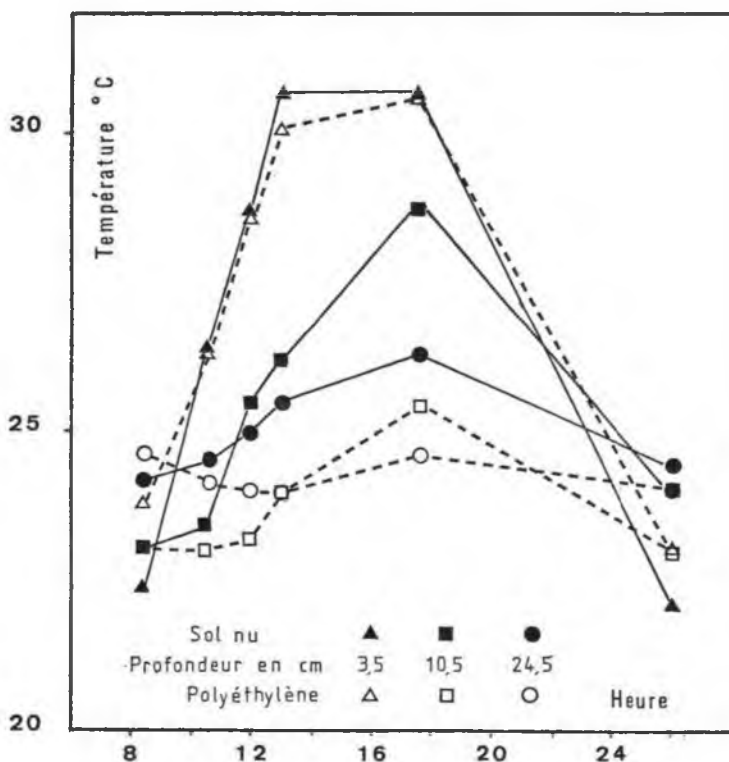


FIG. 44. — Évolution au cours de la journée de la température du sol à plusieurs profondeurs en présence ou non d'une couverture polyéthylène (Martinique - altitude 350 m).

RAVOOF (1973) a étudié sur solution nutritive, pendant une période de 40 jours, l'effet de la température des racines et de la forme de l'azote sur la croissance, l'absorption et la métabolisation des éléments minéraux de bulbilles enracinées préalablement sur eau distillée pendant quatre semaines.

A 15° C, les plants perdent un peu de poids. Jusqu'à 30° C la croissance augmente moins que proportionnellement avec la température (fig. 45). Le taux de matière sèche diminue de 16,5 % à 12,0 % entre 15° C et 30° C. L'importance relative des différentes parties de la plante est modifiée (fig. 46). Si la température de 20° C est suffisante pour l'absorption des éléments minéraux, elle est insuffisante pour la migration des métabolites.

La température du sol semble être la cause principale du ralentissement de la croissance pendant l'hiver (novembre à avril) aux Hawaï. Un effet saisonnier équivalent existe en Martinique bien que la température du sol en hiver soit supérieure (25° C au lieu de 21° C à Wahiawa). Dans les zones de faible altitude proches de l'équateur, la croissance est évidemment beaucoup plus régulière tout au long de l'année.

L'aptitude d'une zone à la culture de l'ananas se situe en général par rapport aux températures considérées comme optimales qui sont de 30° C pour les maxima et 20° C pour le minima sur l'ensemble du cycle (NEILD et BOSHELL, 1976). Ces conditions proches de celles des îles Hawaï sont cependant loin de se retrouver dans les principales zones de culture. La diversité des régimes thermiques se traduit pour la croissance végétative (voir aussi chap. Qualité du Fruit) par des longueurs de cycle très variables. A titre d'exemple, on peut indiquer que dans des conditions de culture intensive, la floraison de couronnes est induite entre 10 mois (Côte-d'Ivoire, Martinique) et 24 mois (East London en Afrique du Sud).

A la limite, l'ananas peut être cultivé dans des zones à faible risque de gel occasionnel (Queensland, Afrique du Sud). La température nocturne du feuillage, inférieure à celle de l'air, peut descendre en dessous de 0° C pendant des périodes suffisamment courtes. Dans de telles conditions, le cultivar Queen est en général préféré au Cayenne Lisse.

I. 4.1.1.1.2. — *Pluviosité et eau*

La culture de l'ananas est possible dans des zones de pluviosités très variables allant de 600 mm/an avec une saison sèche de plusieurs mois jusqu'à 3.500 ou 4.000 mm/an. Les possibilités d'adaptation de cette plante à des régimes variés sont donc importantes, mais c'est le plus souvent sa capacité à supporter des déficits hydriques prononcés et prolongés qui est mise en avant. On peut obtenir des rendements

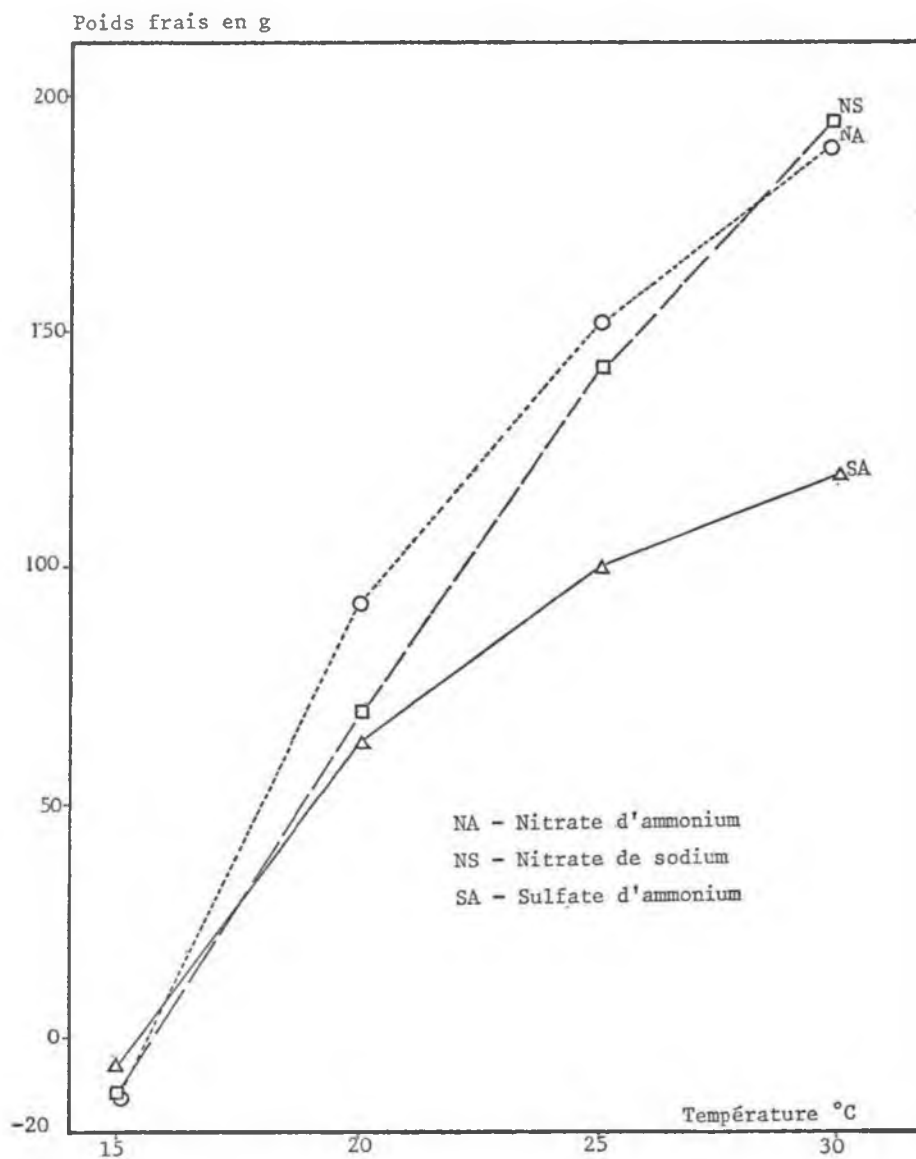


FIG. 45. — Effet de la température des racines et de la forme de l'azote sur l'augmentation du poids frais du plant. (RAVOOF, 1973).

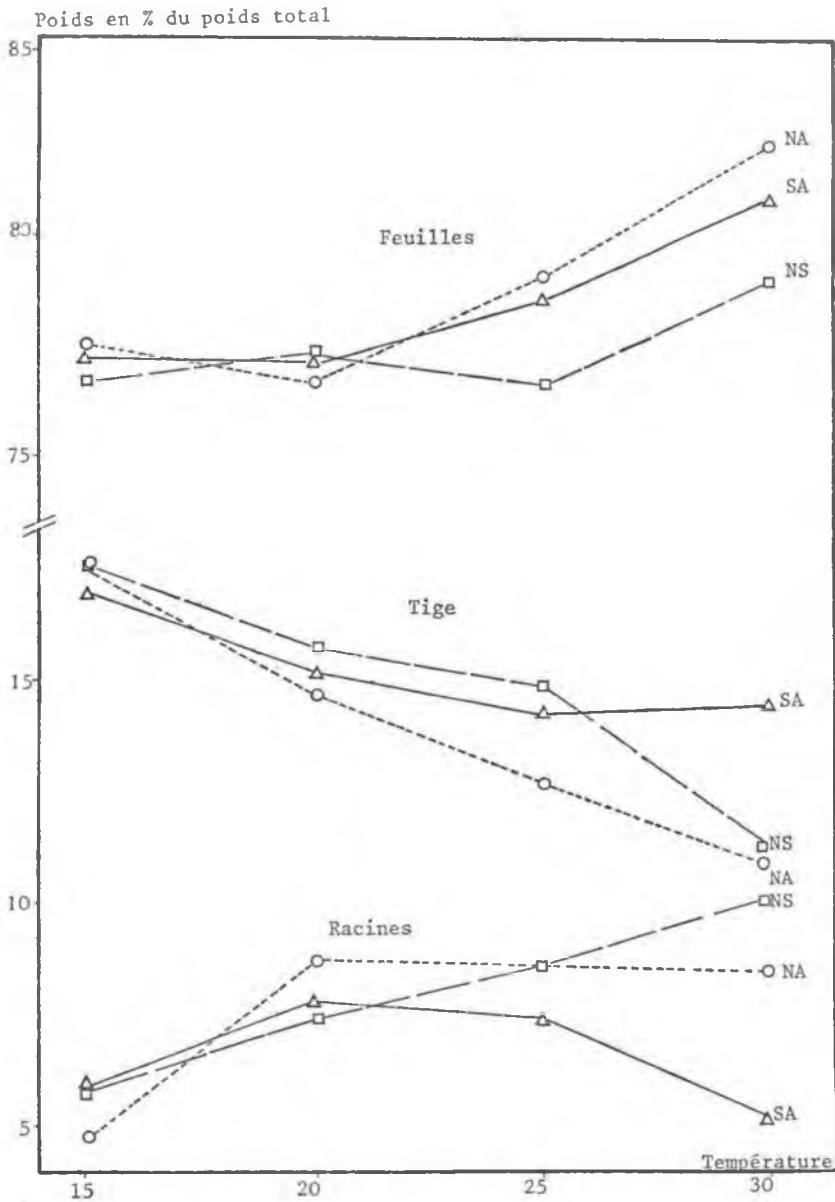


FIG. 46. — Influence de la température des racines et de la forme de l'azote sur la proportion des racines, tige et feuilles (RAVOOF, 1973).

élevés aux Hawaï dans des sites où l'évaporation est de 1.850 mm/an pour une pluviosité de 1.000 mm/an seulement (BARTHOLOMEW-KADZIMIN, 1977).

L'évolution des symptômes dus à la sécheresse est très progressive. Au champ, les zones où la rétention de l'eau est la plus faible, sont atteintes les premières. Les tissus les plus jeunes des racines sont lésés. Les feuilles prennent une teinte vert pâle puis jaune et enfin rouge. Elles perdent leur turgescence. Les bords du limbe s'enroulent vers la face inférieure. Ces symptômes ne peuvent cependant être confondus avec la fanaison brutale due au wilt (PY *et al.*, 1957).

L'excès d'eau du sol donne des symptômes similaires, perte de turgescence mise à part. L'asphyxie des racines conduit à des feuilles courtes qui ont au contraire un port très érigé.

La réaction de la plante aux deux extrêmes, déficience et excès, montre l'importance physiologique des racines.

Si l'on suit les effets d'une sécheresse prolongée sur les courbes de croissance foliaire (PY, 1960 b) on constate bien avant l'apparition de ces symptômes, un ralentissement dans l'accroissement de la largeur des jeunes feuilles qui se manifeste sur les feuilles adultes (D) avec un retard de deux à trois mois et qui entraîne naturellement un ralentissement dans l'augmentation du poids des feuilles D successives. Par contre, l'accroissement de la longueur reste normal. A un stade de siccité plus avancé, il n'y a plus d'accroissement de la largeur des feuilles successives avec le temps. A un stade encore plus grave on peut même constater une diminution de largeur, puis plus tard du poids et même de la longueur. Le rythme d'émission des feuilles se ralentit et peut à la limite devenir nul.

Après plusieurs mois de sécheresse, la croissance est arrêtée. Sur les coteaux de Basse-Guinée, la plante « perd » pendant les cinq mois de saison sèche trois mois à trois mois et demi de « végétation », par rapport aux plantes normalement alimentées en eau (PY, 1965 b).

Dès que la plante dispose à nouveau de suffisamment d'eau, la tige bien protégée peut reprendre assez rapidement une activité normale. Un certain nombre de feuilles les plus vieilles a pu se dessécher complètement, mais les plus jeunes se réhydratent et reprennent leur turgescence. La largeur des feuilles qui n'avaient pas terminé leur croissance augmente. On pourra y constater plus tard une zone élargie bordée d'épines sur ses premiers centimètres, faisant suite à un rétrécissement correspondant à la période de sécheresse (feuille étroite avec forme en gouttière plus accusée). Ce même caractère peut se retrouver sur des feuilles dont la croissance a été ralentie par le sevrage du rejet, un traitement herbicide ou toute autre cause ayant un effet équivalent.

Ces manifestations extérieures sur la croissance et le phénotype traduisent, contrairement au cas des plantes mésophytes une

gamme de variations dans le comportement de la plante (COMBRES, 1979 c). Le déficit hydrique impose à partir d'un certain seuil, une fermeture stricte des stomates pendant le jour, indépendamment de la température. Lorsqu'il s'accroît, les stomates se ferment en outre de plus en plus la nuit, réduisant l'absorption de gaz carbonique. La plante recycle le CO_2 endogène provenant de la faible respiration cellulaire ; la rosée captée par les feuilles permet une alimentation hydrique minimale. C'est une vie très ralentie, une survie.

A l'inverse, lorsque la plante retrouve des conditions d'alimentation hydrique normale, le fonctionnement mésophytique devient prépondérant et son rendement photosynthétique plus élevé donne une impression de « rattrapage ».

L'adaptation à des régimes hydriques variés pouvant atteindre des limites en général peu compatibles avec la vie des principales plantes cultivées s'ajoute donc à la transpiration réduite permise par la fixation nocturne du CO_2 , au stockage de l'eau dans des tissus foliaires et à la bonne utilisation des faibles pluies et de la rosée grâce à la morphologie du plant. Il en résulte que l'efficacité hydrique de l'ananas est très élevée : il faut 50 à 60 g d'eau pour l'élaboration d'un gramme de matière sèche (SIDERIS et KRAUSS, 1928 ; JOSHI *et al.*, 1965 ; NEALES *et al.*, 1968) au lieu de 200 g pour les plantes mésophytes.

Quelle que soit l'efficacité hydrique de cette plante, sa croissance et sa productivité agronomique dépendent de la satisfaction de ses besoins, qui sont assurés en majeure partie par les racines. Leur elongation s'arrête et leur pointe se subérise lorsque la tension de l'eau dans le sol atteint 15 bars (LINFORD, 1934 a). Le déficit hydrique diminue leur nombre et leur longueur moyenne (KADZIMIN, 1975). La croissance peut reprendre si le sol est réhumidifié, mais la racine est alors plus grêle et plus fragile. Une sécheresse plus prolongée peut conduire à la mort définitive, mais avant ce stade la plante peut adopter le régime de « survie » mentionné précédemment, jusqu'à ce que soient réunies des conditions favorables au développement de nouvelles ébauches racinaires de la tige.

Sans aller jusqu'à des conditions aussi extrêmes, on considère (COMBRES, 1979 c) que la croissance est ralentie lorsque la tension de l'eau dans le sol est inférieure à 0,15 bar à 15 cm de profondeur. Cette valeur peut être considérée comme un seuil d'alerte à l'irrigation.

La consommation réduite d'eau par la plante et la faible profondeur de sol exploré par les racines donnent une importance particulière aux pertes du sol par évaporation. Il est très courant d'observer un sol frais sous le couvert des plants à côté du dessèchement de la surface du sol nu. L'évapotranspiration diminue avec l'augmentation du taux de couverture du sol par le feuillage malgré l'accroissement de

la surface foliaire transpirante avec l'âge du plant (EKERN, 1965). La couverture du sol par un film de polyéthylène est donc une technique intéressante pour économiser l'eau et maintenir une humidité favorable de la couche superficielle explorée par les premières racines avant que le sol soit suffisamment couvert par le feuillage des plants. Par rapport au sol nu, l'évapotranspiration moyenne de plants âgés de 2 à 6 mois est diminuée de 2,1 mm/jour à 1,65 mm/jour quand l'évaporation est de 4,1 mm/jour. Grâce à cette technique, l'évapotranspiration dans les conditions hawaïennes varie du tiers au cinquième de l'évaporation du bac de classe A pendant le cycle de culture (EKERN, 1967).

Si la comparaison avec le bac de classe A s'avère délicate pour évaluer les besoins de l'ananas, il en est de même pour l'ETP gazon car la réponse à la demande climatique est différente. Le rapport ETR/ETP gazon est plus élevé (0,65) après une forte pluie que pendant les périodes de fort déficit hydrique (0,3) (COMBRES et PERRIER, 1976). Les pluies ou l'irrigation augmentent la consommation en eau en favorisant une ouverture diurne partielle des stomates, alors que le déficit hydrique augmente la résistance stomatique équivalente du couvert. Ces différences de comportement peuvent être amplifiées par la nutrition potassique (COMBRES et PERRIER, 1976).

Néanmoins dans des conditions favorables au fonctionnement crassulacéen, les résistances stomatiques sont élevées (cf. I. 3.1.2) et le rayonnement est le moteur principal de l'évapotranspiration. On a :

$$ETM = \alpha \cdot \frac{P'}{P' + \gamma} \cdot R_n$$

ou ETM = évapotranspiration maximale.

R_n = rayonnement net qui peut être déterminé localement à partir du rayonnement solaire incident R_g .

P' = pente de la courbe de vapeur saturante fonction de la température.

γ = constante psychrométrique.

Ces relations dépendent du climat radiatif local influencé par l'humidité de l'atmosphère, la nébulosité et la température des nuages. D'autre part, le régime thermique influence la valeur de α et le métabolisme crassulacéen. A titre d'exemple, le coefficient α a une valeur de :

- 0,4 au Japon pour des évapotranspirations comprises entre 1,3 mm/jour par temps couvert et 2,1 mm/jour par temps ensoleillé (SHIROMA, 1972).
- 0,7 dans le centre de la Côte-d'Ivoire avec des évapotranspirations de 1,8 à 4,0 mm/jour (COMBRES et PERRIER, 1976).

La vocation à la culture de l'ananas d'une zone climatique homogène peut s'estimer à partir d'une pluviométrie mensuelle de 80 à 100 mm. Si les besoins réduits en eau ont permis d'affirmer parfois que l'ananas pourrait s'accommoder de climats relativement arides, la fréquence des pluies est un des facteurs importants pour maintenir une humidité suffisamment régulière du sol exploré par des racines assez superficielles et sensibles au déficit hydrique comme à l'excès d'eau. Les techniques agronomiques (aménagement du terrain, gestion et préparation du sol, couverture du sol, irrigation, contrôle du parasitisme, etc...) ont de ce fait une influence importante sur l'efficacité de l'eau en permettant de préserver la meilleure activité racinaire par la gestion la mieux appropriée de l'eau du sol. A ce titre le stade jeune est un des plus critiques car les pertes par évaporation sont les plus importantes pendant que le système racinaire s'installe.

I. 4.1.1.1.3. — *Luminosité - photopériodisme*

Comme tous les autres facteurs, la luminosité affecte le phénotype de la plante. Quand elle est faible, les feuilles sont longues, érigées, de couleurs vert foncé. Avec des luminosités très fortes, le feuillage prend au contraire une couleur jaune ou rougeâtre plus ou moins prononcée. Dans ces conditions, un ombrage artificiel (COMBRES, 1976) ou naturel par papayers (VUILLAUME et BOURDEAUT, 1979), cocotiers, hévée ou d'autres espèces arbustives permet une coloration normale et une régularisation de la croissance.

Plus peut-être que tout autre, le rayonnement modifie les autres facteurs écologiques. Dans le cas de l'ananas, son action est de plus affectée par la mauvaise régulation thermique du feuillage (cf. Métabolisme crassulacéen). Le port plus ou moins érigé des cultivars affecte les quantités d'énergie reçue et les températures atteintes par le feuillage (AUBERT, 1973) et les gradients thermiques existent entre les différentes parties de la plante. Dans leur milieu naturel, les espèces du genre ananas se rencontrent assez rarement dans des situations fortement ensoleillées et sont souvent installées sous un couvert végétal léger aux lisières des forêts.

SIDERIS *et al.* (1936) ont été les premiers à montrer l'incidence du rayonnement sur le rendement. En utilisant 33, 50, 60 et 100 % de la luminosité de WAHIAWA (Hawaï) à partir de 10 mois après la plantation, le poids du fruit a été respectivement de 60, 71, 74 et 100 %. Selon SANFORD (1962) chaque diminution de 20 % du rayonnement diminue le rendement de 10 %. Cependant dans ces mêmes conditions d'Hawaï, un ombrage de 25 % n'a pas modifié la croissance qui n'a été réduite qu'avec un coefficient de 50 % (CONNELLY, 1969).

Selon NOSE *et al.*, (1977) l'absorption de CO₂ augmente en fonctionnement crassulacéen avec l'intensité lumineuse et conduit à l'éla-

boration d'une quantité supérieure de matière sèche dans les conditions de son expérience (éclairage de 11,5 h sur 24 h. — température diurne-nocturne : 30° C - 26,5° C) qui semble limitée par des intensités inférieures à 30 klx.

Des résultats du même ordre ont été obtenus par FRIEND et LYDON (1979) en augmentant la photopériode avec une intensité photo-

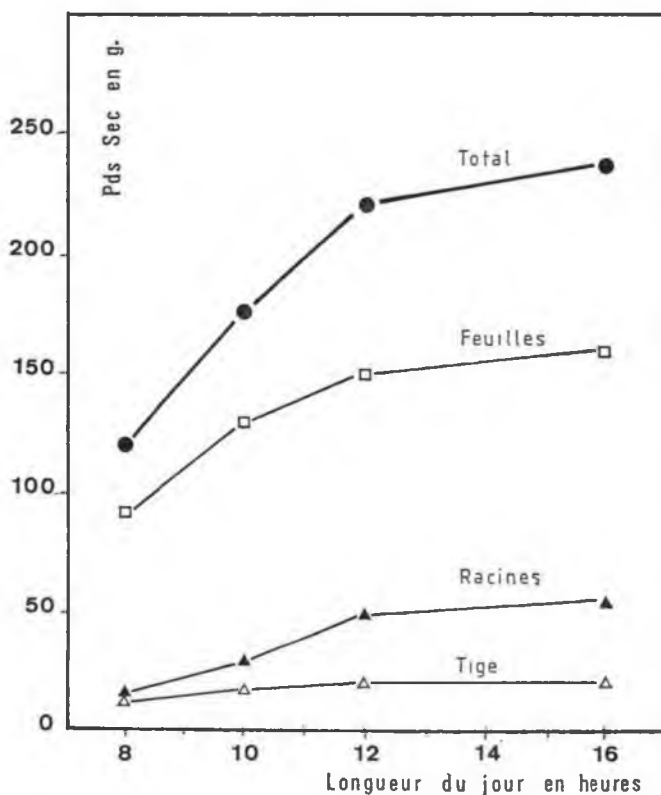


FIG. 47. — Influence de longueur du jour sur le poids sec des différents organes végétatifs. Tiré de FRIEND et LYDON, 1979.

synthétique active de 22 klx à une température jour-nuit constante de 25° C sur une longue période (692 jours) (fig. 47).

La transposition de ces résultats dans la pratique est encore trop délicate. Si l'intensité lumineuse influence la balance de CO_2 , son incidence sur le métabolisme passe par l'effet indirect sur les températures auxquelles se déroulent les réactions enzymatiques. Quant au photopériodisme, son rôle encore mal défini sur les rythmes métaboliques a des implications encore difficiles à évaluer.

Cependant on sait (NIGHTINGALE, 1942) que, modifiant l'intensité de la photosynthèse, la luminosité et le photopériodisme influencent le rapport glucides-nitrates de la feuille qui est une des bases du diagnostic des besoins en azote de la plante aux Hawaï. L'ensoleillement est un des facteurs essentiels dans la recherche d'une bonne nutrition de la plante.

I. 4.1.1.1.4. — Vent

Quand le sol est suffisamment couvert, le vent a une faible incidence sur l'évapotranspiration du fait de la résistance stomatique élevée. Cependant un vent très sec comme le « Norte » au Mexique ou « l'Harmattan » en Côte-d'Ivoire et Haute-Volta peut conduire au dessèchement de la pointe des feuilles.

Pendant la journée, quand les stomates sont fermés, le vent a une action importante sur les échanges thermiques à l'intérieur du couvert végétal. Il est alors le principal facteur de régulation thermique. Il est significatif que plusieurs zones de production importante sont sous l'influence de vents marins. Cependant le vent peut avoir une action néfaste sur l'efficacité de traitements pesticides agissant par vapeur quand la résistance au vent offerte par le couvert végétal est insuffisante.

Le vent peut occasionner des blessures par frottements des feuilles les unes contre les autres et offrir ainsi des portes d'entrées à *Ceratocystis paradoxa* dont les dégâts sont cependant rarement importants. Dans les zones proches de la mer, des brûlures par les embruns peuvent s'observer à une distance assez grande de la côte (SIDERIS, 1955). Les symptômes se présentent comme des taches noirâtres proches de la pointe des feuilles.

Bien que l'ananas soit une culture assez résistante aux vents NIGHTINGALE (1942) a observé qu'une longue période ventée, même de force modérée, peut réduire de 25 % la taille des plants. L'emploi de brise-vent se justifie cependant assez rarement.

Les vents violents des cyclones, fréquents dans certaines régions tropicales, provoquent des cassures de feuilles de pédoncules et de racines. L'importance des dégâts varie avec le stade de la plante et semble particulièrement élevée à proximité de l'induction florale. Le cyclone David qui a touché la Martinique en 1979 a conduit avec des vents de 220 km/h à une diminution de rendement estimée à 17 % sur l'ensemble des plantations.

I. 4.1.1.1.5. — AUTRES FACTEURS

L'exposition des terrains cultivés n'est pas sans incidence sur certains facteurs mentionnés ci-dessus. Dans les zones chaudes, bas-

ses, proches de la mer, les pentes exposées à l'ouest sont sensibles à des excès de température et d'ensoleillement au cours de l'après-midi à cause de la réflexion du rayonnement sur la surface de la mer. A l'inverse, une exposition au nord peut dans les zones fraîches, accentuer les risques de basses températures.

L'altitude a également des incidences multiples dont l'effet global dépend de la situation considérée (cf. Cameroun, par exemple).

Les autres facteurs naturels sont surtout curieux par les dégâts qu'ils provoquent et qui sont aisés à reconnaître pourvu que l'attention soit alertée à leur sujet. Il s'agit de la grêle, la foudre ou le feu qui interviennent assez rarement dans des conditions normales.

I. 4.1.1.2. — LE CLIMAT - LE DÉVELOPPEMENT ET LA CROISSANCE DES REJETS

Le milieu peut agir au niveau des deux phases du développement des rejets : la levée d'inhibition du méristème axillaire puis la croissance du jeune plant formé.

L'apparition des cayeux est favorisée par des températures fraîches (COLLINS, 1960) et par l'altitude (PY et GAILLARD, 1971). Cette incidence est particulièrement nette en zone équatoriale comme le Cameroun où en passant de 0 à 1 000 m d'altitude le pourcentage des plants de 'Cayenne Lisse' portant des cayeux visibles un mois et demi après la récolte du fruit passe d'environ 20 % à plus de 70 % (AUBERT *et al.*, 1973). En altitude, les rejets sont situés beaucoup plus bas sur la tige. Les bulbilles subissent la même influence et dans les mêmes conditions le nombre moyen de bulbilles par plant peut passer de 0,2 à 1,2.

Les variations sont également très importantes au cours de l'année. PY (1967) observe en Guinée, toujours sur 'Cayenne Lisse', une moyenne de 2,9 bulbilles par plant lorsque la différenciation florale a lieu en période nébuleuse fraîche et humide et une moyenne de 0,6 lorsqu'elle a lieu à une époque très ensoleillée, chaude et humide. C'est donc au moment de la différenciation florale du pied mère que se détermine les levées d'inhibition des bourgeons axillaires. Une grande vigueur végétative du plant à ce moment là semble s'opposer au démarrage des rejets.

Une augmentation de la photopériode semble accroître le nombre de rejets formés (Mc CLELLAND, 1928).

Par la suite, le climat agit sur la croissance du cayeux comme sur celle du plant mère et tous les facteurs favorables à la photosynthèse améliorent cette croissance. Ainsi au Cameroun au niveau de la mer les cayeux s'ils sont moins nombreux sont à un même âge plus gros qu'en altitude (AUBERT *et al.*, 1973) et lorsque la luminosité est faible une augmentation de l'éclairement des rejets peut accélérer leur crois-

sance (COMBRES, 1978). Par contre un accroissement de la densité de plantation, par l'intermédiaire vraisemblablement d'une diminution de l'éclairement, entraîne une baisse de la production de cayeux et surtout de bulbilles (TRETO *et al.*, 1974 ; LACOEUILHE, 1974 b).

Étant donné que le cayeux dépend habituellement du système racinaire du pied-mère et que celui-ci est moins efficient qu'à des stades plus jeunes, l'incidence d'un déficit hydrique peut être particulièrement sévère. A basse altitude en milieu équatorial chaud et humide la vitesse de croissance du rejet pourra être importante. Cependant au niveau d'une population le retard acquis au démarrage par certains individus est tel que ces situations sont globalement moins favorables à une deuxième récolte que celles où s'exercent des températures plus fraîches d'autant plus qu'avec ces dernières les cayeux démarrent plus bas et sont donc moins sujets à la verse (cf. II. 12).

I. 4.1.1.3. — LA DIFFÉRENCIATION FLORALE ET LE CLIMAT

I. 4.1.1.3.1. — *Facteurs d'induction de la floraison naturelle*

L'ananas est une plante nyctipériodique : sa floraison provoquée par des jours courts et des nuits longues peut être empêchée par un allongement de la phase diurne ou par l'interruption momentanée de la phase nocturne (GOWING, 1958-1961). Il n'existe pas de seuil d'induction dans la durée de la nyctipériode dont l'allongement rend la floraison d'autant plus précoce. La différenciation dépend donc quantitativement des effets des jours courts qui se cumulent (FRIEND et LYDON, 1979).

Trois autres facteurs sont considérés comme susceptibles de déclencher l'induction florale mais avec une efficacité beaucoup plus faible que la nyctipériode :

— les basses températures (NIGHTINGALE, 1942 ; VAN OVERBECK et CRUZADO, 1948 a ; YOW, 1959),

— la réduction de l'ensoleillement (PY, 1968 a ; AUBERT, 1977) tout particulièrement aux latitudes où les variations de la photopériode sont faibles (Côte-d'Ivoire, TEISSON, 1972),

— les conditions extrêmes d'alimentation hydrique que ce soit une sécheresse (CHANDLER, 1958) ou un excès d'eau (PY, 1964 ; TAY, 1974 b).

Selon GOWING (1961), les basses températures ne feraient qu'accélérer la réponse de la plante aux jours courts. Cependant FRIEND (1981) a montré qu'une thermopériode journalière était indispensable à la différenciation florale naturelle qui dans les conditions de son expérience, avec une phase diurne de 8 heures à 30° C, est d'autant plus précoce que la température nocturne est basse. Ce besoin met donc en parallèle différenciation florale et métabolisme crassulacéen.

Il est vraisemblable donc qu'en conditions naturelles photo et thermopériode soient, dans l'ordre, les facteurs déterminant la différenciation florale.

I. 4.1.1.3.2. — *Le cycle naturel de l'ananas*

Dans les zones chaudes, en général intertropicales, où l'ananas est cultivé, les variations de la photopériode sont relativement faibles. La durée du jour oscille de 10 heures 51 minutes à 13 heures 24 minutes aux Hawaii (21° latitude Nord) mais seulement de 11 heures 42 minutes à 12 heures 18 minutes en Côte-d'Ivoire (COMBRES, 1981). Le principal facteur de différenciation florale, la durée de la nyctipériode, n'atteint donc jamais des valeurs suffisantes pour induire de façon massive la floraison d'une population d'ananas. Il en va de même des températures qui sont en général trop élevées et le cycle naturel de l'ananas peut être excessivement long : jusqu'à 4 ou 5 ans (COLLINS, 1960).

Le manque de vigueur de ces deux facteurs joint à l'interférence de l'alimentation hydrique et minérale, de l'ensoleillement et surtout du niveau de développement des plants fait de la floraison naturelle de l'ananas un phénomène essentiellement diffus qui se manifeste par vagues successives. L'intensité de ces vagues et les intervalles qui les séparent sont extrêmement variables en fonction des multiples combinaisons possibles entre tous les facteurs intervenant. Seuls deux cas particuliers seront cités en exemple :

— le comportement des couronnes et des cayeux en Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE, 1975 a) : figure 48,

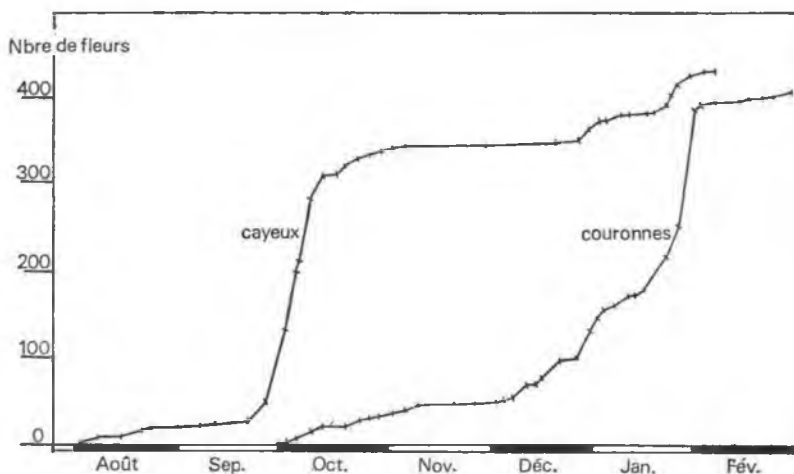


FIG. 48. — Floraisons naturelles de couronnes et cayeux plantés à une même date en Côte-d'Ivoire. Dates d'apparition des fleurs.

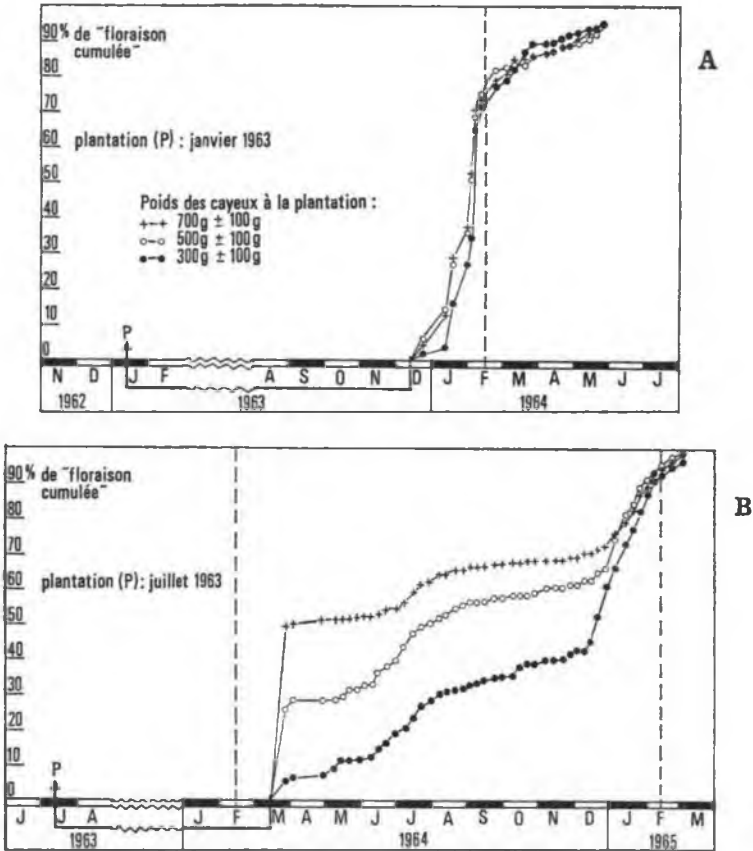


FIG. 49. — Floraisons naturelles pour deux dates de plantation en Martinique en fonction du poids des cayeux mis en terre. Dates d'apparition des fleurs.

— l'interférence entre le poids du matériel de plantation et la date de mise en terre en Martinique (PY, 1968 a) (fig. 49) : Lorsque les fortes incitations de fin d'année (jours courts et températures fraîches) s'exercent sur des plants relativement âgés la plupart d'entre eux ont, quel que soit le poids du rejet initial, un volume suffisant pour initier leur inflorescence (A). Par contre, s'ils sont plus jeunes la différenciation florale ne pourra intervenir que sur les plants les plus développés : ceux issus des rejets les plus gros ou ayant eu la meilleure croissance. Elle ne surviendra dans les autres que progressivement et pour certains d'entre eux que dix mois plus tard (B).

En fonction de leur nature, de leurs poids initiaux et de leur croissance dans les mois précédents, des plants d'âges très différents peuvent donc fleurir simultanément.

Les vagues de floraison sont d'autant plus marquées que latitude et altitude sont élevées : que les nuits sont longues et les températures fraîches. Elles sont d'autant plus étalées que la latitude et l'altitude sont faibles. Cf. fig. 50. Cependant, du fait de l'importance de la taille du plant au moment où il subit les incitations naturelles, les premières floraisons peuvent être plus précoces dans ces dernières conditions où la croissance est plus rapide. En fonction de leurs poids et de leur date de plantation le cycle des cayeux peut être de 16 à 18 mois aux Hawaii et de 10 à 14 mois en Côte-d'Ivoire (COMBRES, 1976 ; PINON, 1978). Lorsque la pluviométrie devient limitante l'irrigation en accélérant la croissance peut fortement avancer les floraisons naturelles (COMBRES, 1976).

Il importe pour chaque zone de culture de connaître les périodes de floraison naturelle et leurs intensités en fonction des conditions de croissance et en particulier du poids et de la nature du matériel de plantation (PY *et al.*, 1957 ; PENNOCK et GANDIA, 1975). Ces floraisons naturelles sont à l'origine de pointes précises de production et se traduisent par un approvisionnement irrégulier du marché. De plus comme elles sont rarement complètes elles entraînent la plus grande confusion entre carrés et cycles différents. Il y a donc intérêt, dans la plupart des cas, à s'en affranchir. Pour cela on est amené à choisir, en fonction de la date, la nature et le poids du matériel de plantation, et surtout à faire appel au traitement d'induction florale artificielle avant que les différenciations naturelles puissent intervenir.

Seule cette induction artificielle rend possible des récoltes successives sans replantation ; d'une part parce qu'elle permet un démarrage homogène des rejets sur la plante mère, d'autre part parce que le développement de ces rejets est encore plus hétérogène que celui des plants de premier cycle et que leurs floraisons naturelles seraient encore plus étalées.

I. 4.1.1.3.3. — Incidences du climat sur la floraison artificielle

Les facteurs climatiques agissent dans le même sens que pour la différenciation florale naturelle.

La température semble jouer un rôle primordial et la plus grande efficacité n'est atteinte que pour des températures maximales inférieures à 26° C avec l'A.N.A. et 28° C avec l'acide 2 chloroéthane phosphonique (GLENNIE, 1979 a ; BARTHOLOMEW et KADZIMIN, 1977).

La supériorité des résultats obtenus par des applications nocturnes ou proches de la nuit (PY et TISSEAU, 1975 ; ALDRICH et NAKASONE, 1975) et la médiocrité de ceux acquis par des traitements de jour sous un ensoleillement élevé avec l'A.N.A. (PY et GUYOT, 1967) ou le B.O.H. (YI LING, 1974) pourraient également être imputées à une action immédiate de la température.

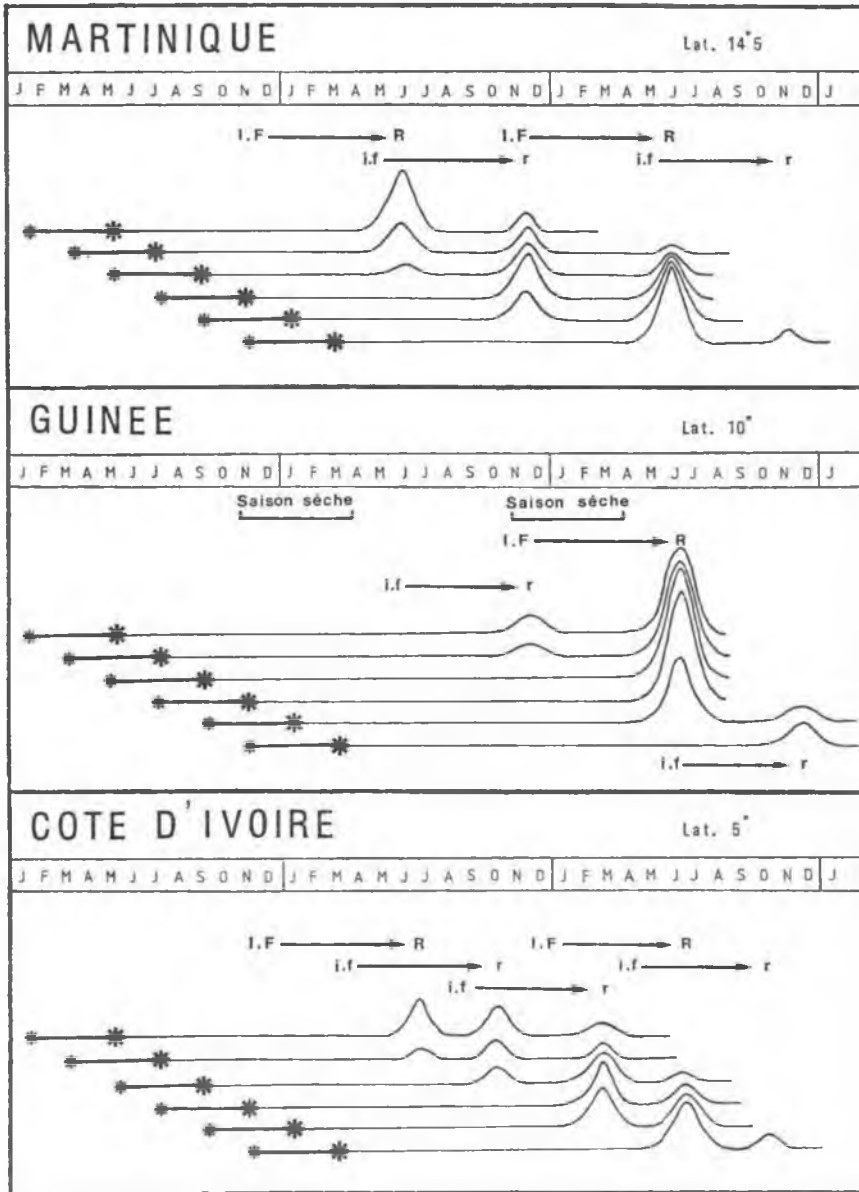


FIG. 50. — Représentation schématique des vagues de récolte consécutives aux différenciations florales naturelles en fonction de la date de plantation pour trois latitudes différentes. Martinique : 14° 5' de latitude nord. Niveau de la mer, climat océanique. Guinée : 10° de latitude nord. 400 m d'altitude. Saison sèche très marquée entraînant un arrêt de la croissance. Côte-d'Ivoire : 5° de latitude nord. Niveau de la mer. La hauteur des pics est proportionnelle aux pourcentages des plants susceptibles d'être récoltés. IF et R : principale époque d'initiation florale et récolte y correspondant. i.f et r : autre époque d'initiation florale et récolte correspondante. De gros cayeux (plus de 600 g *) ont un comportement comparable à celui des petits cayeux (200 g *) plantés quatre mois plus tôt.

Dans le cas des traitements gazeux, la régulation de l'ouverture stomatique liée au métabolisme carboné peut mieux rendre compte de ces différences. Les traitements d'induction diurnes sont favorisés par les conditions climatiques qui prolongent le matin l'ouverture stomatique (brouillards matinaux, faible ensoleillement) ou la déclenchent plus précocement le soir (bonne alimentation hydrique) cf. I. 3.2 (COMBRES, 1981). L'interférence directe avec les métabolites est également possible (cf. I. 3.4.1.3).

Les facteurs climatiques ont donc dans leur ensemble une incidence très importante sur l'induction artificielle et déterminent bien souvent le choix du produit florigène (cf. II. 10).

I. 4.1.2. — La plante et le sol

I. 4.1.2.1. — LE SOL - CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Les qualités d'un sol s'apprécient par rapport aux caractéristiques de la plante cultivée et du climat.

La morphologie des racines dépend beaucoup des caractéristiques physiques du sol. Les racines aériennes qui s'entourent autour de la tige à la base des feuilles sont larges, non ramifiées, riches en poils absorbants. Il en est de même, lorsque le sol est protégé du tassement des pluies par une couverture de polyéthylène. Dans ces conditions, l'humidité constante permet une croissance plus active et plus régulière. Les racines ne sont pas plus nombreuses, mais elles sont plus longues (BOWERS, 1929). L'aération du sol (tab. 14) en même temps qu'une humidité régulière sont les conditions requises pour une bonne croissance racinaire.

Dans les sols meubles, aérés, sans humidité excessive on peut trouver des racines jusqu'à 60 cm et même au-delà. Ce n'est pas le cas dans les sables ferrallitiques de Basse Côte-d'Ivoire où une densité apparente sèche du sol de 1,4 g/ml réduit considérablement l'élongation de la racine et affecte sa morphologie et son anatomie avec une augmentation du volume de la moelle et des aérénchymes et une réduction de la longueur de la coiffe (RAFAILLAC *et al.*, 1978 b). Une discontinuité de la densité dans le profil entraîne la non prospection de l'horizon inférieur pour des valeurs suffisamment élevées et un ralentissement de la croissance en longueur. Mais, outre les effets directs, les discontinuités du profil modifient la diffusion de l'eau avec les substances en solution (éléments minéraux, pesticides, excréments racinaires) et des gaz (atmosphère du sol, pesticides).

Les poils absorbants y sont encore plus sensibles que les racines et c'est leur importance et surtout leur pérennité qui est importante pour l'activité racinaire. En culture sur solution, TISSEAU R. (1971)

TABLEAU 14

Influence de l'aération de la solution sur les racines
(NOBORU IWAOKA *et al.*, 1935)

	Avec aération	Sans aération
Poids moyen de racines	27,4	15,0
Aspect des racines	ligneuse	tendre
Alcalinisation de la solution	rapide	lente
Absorption de nitrates (mg/g mf/19 ha)	1,2	0,8
Absorption de nitrates (mg/plant/19 ha)	33,0	11,0
Teneur en m.s. des racines (%)	6,65	4,9
Activité de la nitrate réductase	0,0200	0,0003
Composition des racines (p.p.m.) :		
— azote organique total	1 258	1 003
— azote protéique insoluble	864	575
— azote organique soluble	394	428
— azote alpha aminé	180	195
— azote ammoniacal	14	13
— azote nitrique	144	195

a observé la meilleure croissance en aérant les racines pendant deux heures par jour. Bien que les réactions des plantes aux excès d'eau commencent à être mieux explorées (DUTHION et MINGEAU, 1976) celles de l'ananas, qui le sont moins, montrent surtout l'augmentation des aérénchymes (RAFAILLAC *et al.*, 1978 a) et laissent supposer une certaine analogie de comportement avec la compaction du sol.

Du côté du climat, la principale caractéristique des zones tropicales où l'ananas est cultivé, est peut-être la fréquence et l'intensité des pluies. Ces deux facteurs contribuent à créer des excès d'eau plus ou moins temporaires en rapport avec la richesse du sol en éléments fins. L'eau en excès ruisselle et provoque l'accumulation des éléments fins dans les petites dépressions où les risques d'engorgement augmentent progressivement. Les points d'accumulation de l'eau peuvent être le point de départ de l'érosion (ROOSE et LACOEUILHE, 1976). La granulométrie du sol et la topographie du terrain interfèrent donc avec le régime des pluies.

En accord avec ces données, les sols favorables à l'ananas se caractérisent par leur capacité à éliminer rapidement les excès d'eau et à renouveler leur atmosphère. La perméabilité est donc leur principale qualité et elle doit exister sur une profondeur suffisante car l'engorgement peut se manifester dans toute la couche de terre située au-dessus d'une couche compactée si mince soit-elle.

Les sols cultivés en ananas sont d'autant plus pauvres en argile que la pluviosité est élevée. La nature minéralogique des argiles influence la capacité pour l'eau, la plasticité, la cohésion. Les sols riches en limons, sensibles à la battance, sont défavorables et propices à la pourriture à *Phytophthora*. La majorité des sols les plus favorables ont donc une texture assez sableuse, mais des essais de culture sur solution (MARTIN-PREVEL, 1960) ont montré que les racines craignent les particules à arêtes vives.

Les principaux problèmes rencontrés avec ces sols concernent la faible réserve en eau, la sensibilité à l'érosion et au tassement (DUCREUX *et al.*, 1980) et supposent des techniques culturales appropriées.

En réalité, la perméabilité dépend essentiellement de la porosité. La circulation de l'air et de l'eau s'effectue dans les plus gros pores (macroporosité) et les plus petits (microporosité) servent au stockage de l'eau qui assure l'alimentation de la plante et la survie des racines. C'est la façon dont les particules élémentaires sont associées, c'est-à-dire la structure, qui détermine la porosité et les qualités qui en découlent. L'eau est en toutes circonstances l'agent actif des modifications de la stabilité structurale (BOIFFIN, 1976).

L'augmentation de l'instabilité suite aux pluies est associée à une diminution plus importante de la non-mouillabilité que de la cohésion (MOREAU, 1978).

La composition de la solution du sol en K, Na, Ca, Mg ne modifie pas la stabilité des agrégats des sols sablo-argileux de Molokai aux Hawaï (EL-SWAIFY, 1970). L'agressivité des pluies tropicales est le principal obstacle au maintien de la structure. C'est pourquoi les sols riches en sables grossiers sont souvent recherchés malgré leur faible capacité d'agrégation.

« L'amélioration de la stabilité de la structure implique la modification d'un ou de plusieurs facteurs commandant la résistance du sol à l'action de l'eau » (HENIN *et al.*, 1969).

Selon GODEFROY (1974) les composés facilement biodégradables de la matière organique (surtout les polysaccharides) ont un rôle majeur sur la stabilité des agrégats dans les sols ferrallitiques de la Basse Côte-d'Ivoire. Cependant cette action porte beaucoup plus sur l'accroissement de la cohésion que sur la diminution de la mouillabilité dans le cas de la restitution des résidus de culture. Ceux-ci sont importants puisqu'ils constituent 30 à 40 tonnes/ha de matière sèche (LACOEUILHE, 1974 a, KEFFORD et HARADA, 1977) mais l'amélioration apportée serait de courte durée (environ deux mois). Dans cette optique, il y a donc intérêt à effectuer des replantations rapides pour favoriser l'enracinement des jeunes plants et couvrir le sol rapidement.

L'évolution des sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire (50 % de

sables grossiers) sous culture continue d'ananas montre que les teneurs en matière organique varient peu d'année en année mais évoluent très progressivement vers des formes plus condensées qui accompagnent une lente diminution de la stabilité structurale (GODEFROY, 1974).

Si le comportement des sols face à l'eau paraît le plus important, sa nature et sa couleur interviennent de façon non négligeable dans les échanges thermiques et par conséquent sur sa température dans les zones fraîches.

En définitive, la gamme des sols cultivés en ananas est assez large à condition que les techniques culturales soient bien adaptées à la plante et au climat. Celles-ci sont cependant plus coûteuses sur les sols argileux, plastiques à fort pouvoir de rétention de l'eau.

I. 4.1.2.2. — LE SOL - CARACTÈRES CHIMIQUES

Au point de vue chimique, l'acidité du sol est la principale caractéristique intéressant l'ananas. Les différents cultivars ont des exigences sensiblement identiques, mais la Cayenne Lisse paraît pouvoir s'adapter à une plus large gamme de variation que la Red Spanish par exemple.

En milieu contrôlé, le potassium est absorbé plus activement que le calcium et les nitrates mieux que les sulfates. Il en résulte une acidification de la solution nutritive, quelle que soit la valeur initiale de son pH (SIDERIS, 1926). Cependant, celle-ci influence la croissance des racines (Tableau 15) et du plant.

TABLEAU 15

Influence du pH sur la croissance des racines (SIDERIS, 1926)

pH	Nombre de racines	Longueur moyenne	Longueur totale
4,0	11,5	169	1 943
5,0	20	238	4 760
6,0	13,1	205	2 685
6,5	9,1	252	2 293
7,0	4,9	219	1 073
7,5	5,9	127	749

Toutes les études entreprises au champ montrent que l'optimum du pH est situé entre 4,5 et 5,5 ou même 4,5 et 5,0. C'est le cas en Australie (BARNES, 1944), à la Jamaïque (TOPPER, 1952) aux Hawaii

(COLLINS, 1960), en Guinée (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1962), à Porto-Rico (SAMUELS, 1962), en Malaisie (TAY et WEE, 1972), en Côte-d'Ivoire (GODEFROY *et al.*, 1976).

A partir de cet optimum, le rendement diminue beaucoup plus rapidement avec l'acidification des sols qu'avec leur alcalinisation. Sur les sables ferrallitiques de Côte-d'Ivoire (GODEFROY *et al.*, 1976) ou sur les sols limono-argileux de Wahiawa aux Hawaii (ASGHAR et KANEHIRO, 1980) l'aluminium extractible augmente très rapidement lorsque le pH s'abaisse en dessous de 4,5 et peut expliquer la réaction de la plante bien que le seuil de tolérance à l'aluminium ne soit pas connu avec précision (35 ppm en culture sur solution, SIDERIS, 1926).

A l'inverse, les pH plus élevés limitent le développement du système racinaire (NEAN LEE, 1978), provoquent le blocage de certains oligo-éléments et induisent des accidents végétatifs comme le « crook-neck » (TISSEAU M. A., 1959 ; GODEFROY *et al.*, 1976) qui peuvent s'observer avec des chaulages excessifs ou une incorporation irrégulière de la chaux notamment en conditions sèches. Dans ce cas, la non fructification des plants atteints s'ajoute à l'effet sur le rendement de la diminution du poids moyen des fruits. Le chaulage excessif de sols désaturés peut se manifester pendant les cycles de culture suivants, notamment par les effets indirects (MARCHAL, 1980).

L'optimum de pH paraît bien souvent lié entre autres choses, à la disponibilité des oligo-éléments dans le sol. En dehors des cas où l'origine des sols peut expliquer la déficience ou la toxicité, le contrôle du pH est le moyen le plus efficace pour éviter la dégradation des sols et assurer la nutrition optimale de la plante en oligo-éléments.

Le pH et le calcium influencent également les risques de pourriture à *Phytophthora* (cf. I. 4.2.1.1.1). La modification même légère de la nutrition de la plante et de la qualité du fruit peut être rapprochée de la sensibilité aux taches noires (cf. I. 4.2.1.3.1).

Le fumier d'origine animale permet de maintenir et de relever un peu le pH (GODEFROY *et al.*, 1972), mais les zones de production de l'ananas en ont rarement un approvisionnement suffisant pour que ce soit une pratique courante. La restitution au sol des résidus de culture permet également d'élever, au moins provisoirement, le pH des sols des Hawaii (ASGHAR et KANEHIRO, 1980). Cependant, la répétition de la culture pendant plusieurs années peut conduire à l'acidification des sols ferrallitiques peu saturés de Côte-d'Ivoire (GODEFROY, 1975). Cette évolution est liée le plus souvent à la fertilisation employée (GODEFROY *et al.*, 1972). L'équilibre des sols faiblement saturés, drainant bien et recevant des pluviosités élevées est facilement détruit par des apports acidifiants d'azote et de potasse (sulfates) insuffisamment fractionnés qui ne permettent d'ailleurs pas d'assurer une nutrition optimale de la plante.

Préférant les sols acides, l'ananas a des besoins limités en cal-

cium (cf. I.4.1.3.1) qui sont satisfaits aisément en contrôlant le pH par des apports de carbonates. Lorsque ceux-ci sont à la fois calcaires et magnésiens (calcaires dolomitiques) on enrichit également le sol en magnésium. Ces apports ont de plus un effet positif sur la rémanence des engrais potassiques et magnésiens (GODEFROY *et al.*, 1976). Par le contrôle du pH, on influence donc aussi les disponibilités du sol en cations.

Néanmoins l'importance des besoins en potassium de l'ananas justifie la préférence donnée à des sols riches en cet élément. La teneur critique au-dessus de laquelle la plante ne répond pas à des apports supplémentaires de potasse varie selon les types de sol et les auteurs : 78 ppm aux Hawaï (MAGISTAD, 1934) 70 ppm au Queensland (CANNON, 1957 a) 140 ppm à Taïwan (SU, 1969) inférieur à 1 milli-équivalent en Martinique (LACOEUILHE et GICQUIAUX, 1971). En fait les sols convenant bien à l'ananas sont rarement suffisamment pourvus en potassium et cet élément tient toujours une place importante dans la fumure.

TABLEAU 16

**Normes établies par Dalldorf et Langenegger (1978)
pour les caractéristiques chimiques du sol**

	Déficient	Faible	Moyen	Assez élevé	Elevé	Très élevé
Résistivité	< 300	301 à 899	900	-	-	-
P mg/kg	< 3	4 à 6	7 à 15	16 à 29	> 30	-
K mg/kg	< 80	81 à 120	121 à 200	201 à 260	> 260	-
Ca / Mg	-	-	2,5	-	-	-
Al mg p. cent	-	-	0 à 0,3	0,31 à 0,50	0,51 à 1,0	> 1,0
pH	< 4,0	4,0 à 4,9	5,0 à 6,5	6,5	-	-

L'équilibre des cations du sol est bien entendu important, notamment le rapport entre potassium et magnésium. Selon certains auteurs il ne devrait pas dépasser l'unité, à cause du fort antagonisme du potassium sur le magnésium dans la plante. Cependant SU (1969) conclut à l'intérêt d'apports lorsque la teneur du sol est inférieure à 70 ppm de magnésium échangeable. Le contrôle du pH par des amendements calco-magnésiens permet le plus souvent de satisfaire les besoins (LACOEUILHE, 1978 b).

La réponse à des apports de phosphore est rare sauf peut-être à Taïwan (SU, 1969). Un des cas les plus spectaculaires a été observé en Guadeloupe (GODEFROY *et al.*, 1971) sur un sol très pauvre ne conte-

nant que des traces de phosphore assimilable. Cependant la faible migration de cet élément dans les sols peut conduire à des déficiences passagères notamment en saison sèche (JEANTEUR, 1970).

Enfin les disponibilités en azote du sol sont liées à la matière organique. La vitesse de son évolution sous les climats tropicaux et humides et le rythme des apports possibles lié en général aux replantations (GODEFROY et JACQUIN, 1975) font que l'évolution du stock du sol est trop rapide pour assurer une nutrition optimale de la plante tout au long d'un cycle de culture intensive. Le fractionnement des apports organiques peut, s'il est possible, apporter une amélioration (LACOEUILHE, 1978 a). La satisfaction des besoins dans la plante ne peut guère être obtenue que par une fumure adaptée.

I. 4.1.3. — Nutrition de la plante

La fertilisation a été, avec la sélection variétale, une des premières voies utilisées pour accroître et régulariser la production agricole. La loi de variation des rendements obtenus sous l'action d'apports d'éléments fertilisants reste cependant subordonnée à la variation d'autres facteurs aléatoires (climat) ou contrôlables (techniques) : l'intensité de la réponse n'est constante ni dans le temps ni dans l'espace. Si importante soit-elle, la fertilisation seule ne peut pas garantir que l'objectif visé soit atteint. Les chances pour qu'il en soit ainsi peuvent être évaluées à partir de jugements portés sur les états successifs du peuplement végétal par rapport aux normes de l'élaboration du rendement.

L'état nutritionnel de la plante traduit l'effet de la fertilisation sous l'action de plusieurs variables. Il peut d'autre part être relié au rendement quantitatif et qualitatif : sans être le reflet de toutes ses composantes, il en intègre une grande partie. Résultant d'une suite d'événements passés, il conditionne le devenir. Son constat à une valeur explicative pour détecter les rectifications éventuellement nécessaires à la réalisation de l'objectif du rendement.

Les possibilités d'intervention au cours du cycle sont cependant assez limitées dans le cas d'une culture non pérenne comme l'ananas. La correction ne peut souvent être apportée qu'au cycle suivant. Le diagnostic réalisé sert alors essentiellement à contrôler la valeur des choix initiaux sur les techniques les mieux adaptées à l'objectif visé. L'exactitude du référentiel des besoins qui en est le fondement est donc essentielle. Mais en retour, la pratique du diagnostic permet de l'affiner progressivement. La connaissance des relations climat-sol-plante-techniques fait la valeur du référentiel.

I. 4.1.3.1. — LES BESOINS DE LA PLANTE

I. 4.1.3.1.1. — *Les exportations de la culture*

Traditionnellement on exprimait les besoins d'une plante à partir de ses exportations. Elles sont beaucoup fonction des poids de fruits récoltés. La teneur des fruits en azote et phosphore varie relativement peu, mais celles en potassium surtout, en calcium et en magnésium dépendent plus de la richesse du sol, de la quantité et de l'équilibre de la fumure (LACOEUILHE et GICQUIAUX, 1971). On peut cependant retenir les chiffres suivants comme une moyenne des exportations par tonne de fruits récoltés (JOHNSON, 1935 ; MARTIN-PREVEL, 1961 et 1962 ; ALBRIGO, 1966 ; BLACK et PAGE, 1961 et 1969 ; LACOEUILHE et GICQUIAUX, 1971 ; PY, 1973 ; LACOEUILHE, 1974 a et 1976 a).

— Azote (N)	0,75 à 0,80 kg
— Phosphore (P_2O_5)	0,15 kg
— Potasse (K_2O)	2,0 à 2,6 kg
— Chaux (CaO)	0,15 à 0,20 kg
— Magnésie (MgO)	0,13 à 0,18 kg

L'expression des résultats a été choisie pour permettre une comparaison avec les engrais.

Le plus souvent, les fruits ne constituent pas les seules exportations. En Côte-d'Ivoire, les fruits frais exportés vers l'Europe sans être transformés ont une couronne réduite qui pèse environ 120 g. Cela représente une masse fraîche de 7 à 8 t/ha qui peut être considérée comme négligeable par rapport à l'ensemble.

Les couronnes entières peuvent être exportées dans d'autres cas : deuxième récolte ou récolte unique dans des plantations en extension. Le poids des couronnes et leur composition sont relativement variables comme le montre le tableau 17.

TABLEAU 17

Quantités d'éléments immobilisés dans 55.000 couronnes/ha
(en kg/ha)

P A Y S	Poids frais (g)	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Côte d'Ivoire	205	19	11,5	59	8,5	10,5
Côte d'Ivoire	295	23	15,4	89	11,9	13,0
Martinique	390	36	20,2	111	29,3	16,5

Sur le compte exportation, il convient de tenir compte également des cayeux lorsqu'ils servent à planter des surfaces supérieures à celles des plants-mères. Pour une récolte de 55 t/ha avec 38.500 plants/ha. MARTIN PREVEL donne les chiffres du tab. 18 pour un rejet excédentaire (soit le deuxième cayeux récolté par plant). Il est intéressant de comparer ces chiffres à ceux des exportations par les fruits.

TABLEAU 18

Exportations par les fruits et les cayeux en kg/ha
(MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961)
38 500 plants/ha

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Fruits	43	16,5	131	17	10
Cayeux	24,5	8	43	10	6,2

I. 4.1.3.1.2. — *Restitutions par les résidus de culture*

Les tonnages de fruits récoltés sont généralement liés à la taille des plants. Il en résulte que les exportations sont en rapport avec les immobilisations qui peuvent être restituées au sol après la destruction des plants mères. Ces données sont liées également à la fertilisation : la fumure en améliorant la croissance et le rendement augmente les restitutions de matière organique et d'éléments minéraux. Le tableau 19 montre d'autre part que la technique de fertilisation a une influence importante comme on le verra plus précisément à propos de la conservation de la fertilité chimique des sols (cf. II. 7).

TABLEAU 19

Exportation par les fruits et les rejets
et restitution par la destruction des plants
comparativement à la fumure
(LACOEUILHE, 1974 a)

	Exportations en		Restitution par les plants / Apport par la fumure							
	Matière fraîche									
	Fruits	Rejets	N.S.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
	t/ha	t/ha	t/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Témoins sans fumure	29,5	67	5,8	44	11	24	36	20		
Fumure minérale	61,5	131	17,0	137/255	27/0	243/513	28/0	30/16		
Fumure organique	60,5	144	11,4	87/135	66/160	136/300	76/173	38/54		
Fumure organique + minérale	75,3	148	19,5	167/390	36/160	372/813	56/173	41/21		

TABLEAU 20

Immobilisations totales à la récolte, fruits compris (en kg/ha)

F A Y S	Fruits t/ha	M.F. g/ha	M.S. t/ha	N	P ₂ O ₅	H ₂ O	CaO	MgO
Hawaii	83			579	127	1.648	(430) 88	(250) 88
Guinée	55			205	58	393	121	42
Martinique	90	250-300		295-310	120-150	740-1.250	140-215	85-120
Martinique	75*	110-220		165-280	55-105	155-765	80-135	40-125
Côte d'Ivoire	80	205-215	30-35	200-215	72	425-450	80-85	65-70
Côte d'Ivoire	100	260-275	42-46	200-325	90	710-750	95-100	75-80

* Fruit avec couronne réduite.

** Estimations.

Les restitutions par les résidus de récolte doivent donc être considérés dans l'ensemble sol-climat-techniques. Le tableau 20 montre la diversité des chiffres correspondant à des situations différentes dans le cas d'une seule récolte.

On dispose de peu de données dans le cas où plusieurs récoltes successives sont pratiquées. Les chiffres suivants ont été calculés à partir du travail de KELLEMS *et al.* (1979) aux îles Hawaii après deux récoltes :

— Matière sèche totale	50,5 t/ha
— N	392 kg/ha
— P ₂ O ₅	81 kg/ha
— K ₂ O	572 kg/ha
— CaO	252 kg/ha
— MgO	135 kg/ha
— S	116 kg/ha
— Cl	182 kg/ha
— Na	5 kg/ha

I. 4.1.3.1.3. — Utilisation des restitutions

La plante n'utilise qu'une partie des restitutions, part variable selon la façon dont le retour au sol est effectué (brûlis, mulch, enfouissement). Sur les sols sableux de Côte-d'Ivoire, les pertes enregistrées par lixiviation sont exprimées dans le tableau 21 (GODEFROY *et al.*, 1979) dans le cas où la fumure a apporté P, Ca, Mg au sol avant la plantation et N et K en pulvérisations sur le feuillage. Les pertes en azote sont importantes (environ 200 kg/ha, cycle sous forme nitrique essentiellement). Par contre, les pertes en potasse sont relativement limitées par rapport aux quantités concernées (environ 1 t/ha/cycle de K₂O est apportée par les pulvérisations). Sur ces sols légers et pau-

TABLEAU 21

Pertes d'éléments fertilisants par lixiviation sur les billons
 Résultats exprimés en kg pour 1 hectare de billons
 (GODEFROY *et al.*, 1979)

	ENFOUIS				BRULIS				MULCH			
	Cycles			Moy.	Cycles			Moy.	Cycles			Moy.
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Drainage mm	3402	1330	1492		3502	1247	1820		4158	1594	1981	
Calcium (Ca)	312	123	192	209	400	193	256	283	519	275	248	347
Magnésium (Mg)	229	114	205	183	221	104	168	162	210	127	148	162
Potassium (K)	187	99	280	189	109	52	249	137	82	66	174	107
Phosphore (P ₂ O ₅)	2	5	2	3	4	1	1	2	2	1	1	1
Azote total (N)	241	164	179	195	276	182	163	207	259	240	160	220
% N - NH ₄	1	1	0	1	0	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1
% N - NO ₃	87	90	91	89	85	92	89	89	82	94	89	88
% N organique	12	9	9	10	14	8	11	11	17	6	10	11
Carbone organique	74	45	81	67	88	44	70	67	100	47	68	72

vres, la perte subie sur les amendements calco-magnésiens est élevée (63 % du calcium et 79 % du magnésium sans compter les restitutions organiques), mais faible dans le cas du phosphore.

Il en ressort essentiellement que l'utilisation par la plante des restitutions organiques ou minérales avant la plantation est relativement faible, pour deux raisons principales :

- la rapidité et l'intensité de la minéralisation de la matière organique qui a cependant l'avantage de raccourcir la période de « faim d'azote » suivant l'enfouissement ;
- l'importance des pluies sous les climats tropicaux humides. L'alternance des saisons sèche et humide influence la quantité et la durée des disponibilités.

I. 4.1.3.1.4. — Rythmes d'absorption

Maintenir ou à plus forte raison améliorer la fertilité du sol n'est donc pas facile dans ces conditions. Le sol est un milieu qui évolue plus ou moins rapidement au gré du contexte pédologique, climatique et cultural. Ses disponibilités et leur dynamique doivent être confrontés aux rythmes d'absorption de la plante (LACOEUILHE, 1973 b). En première approximation, ceux-ci peuvent être évalués par les immobilisations successives de plants croissant dans des conditions supposées non limitantes (graphique 51).

Alors que la restitution en une seule fois des résidus de culture offre des disponibilités de plus en plus faibles, les besoins de la plante

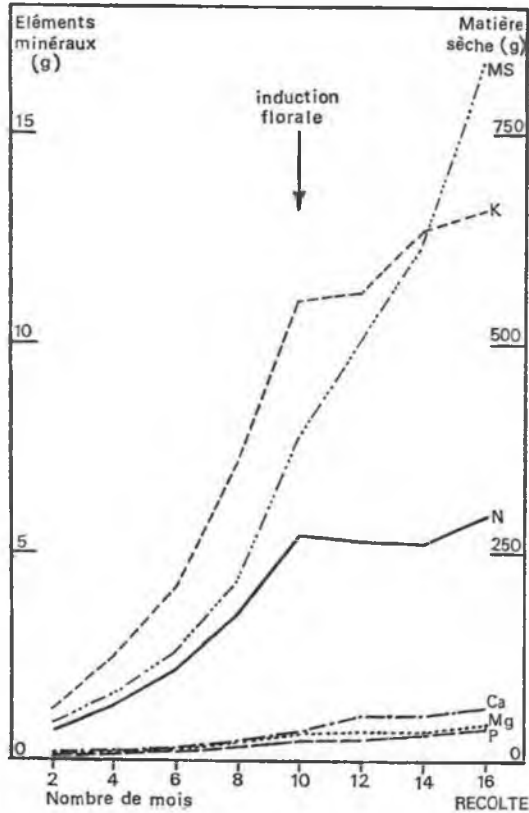


FIG. 51. — Évolution de la matière sèche et des immobilisations minérales d'un plant issu de cayeux de 200 g ayant reçu avant l'induction florale une fumure de 8 N—4 P₂O₅—20 K₂O—X CaO—5 MgO. (LACOEUILHE, 1978 a).

augmentent au contraire avec son âge. Cette situation est de plus aggravée par le fait que les conditions favorables à une croissance rapide de la plante, le sont également pour la vitesse de dégradation de la matière organique et les risques de lixiviation. Le rapport offre du milieu-besoins de la plante doit donc être considéré au travers de ces dynamiques divergentes sur lesquelles s'appuie l'élaboration de la fertilisation et de ses techniques.

I.4.1.3.1.5. — Relations azote-croissance

Les courbes du graphique 51 montrent l'importance des besoins en potassium surtout et en azote par rapport au calcium, au magnésium et au phosphore qui sont beaucoup plus limités. Jusqu'à l'induc-

tion florale, ils suivent la croissance de la plante. Celle-ci dépend pour les éléments minéraux, de l'alimentation azotée ainsi que l'a démontré MARTIN-PREVEL (1959 a) avec la notion d'équilibre d'azote qui s'énonce comme suit : « lorsque la teneur en azote des feuilles D s'élève au-dessus d'une valeur de 1 % (matière sèche de la feuille entière) l'ananas réagit par une augmentation de croissance foliaire qui tend à ramener le taux d'azote au voisinage de cette valeur ».

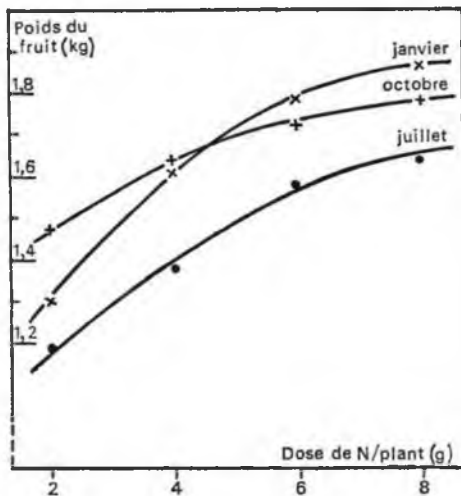


FIG. 52. — Influence de la date de plantation sur la courbe de réponse à l'azote. (LACOEUILHE, 1978 a).

L'azote est l'élément qui permet la réalisation du potentiel de croissance déterminé par le contexte climatique et cultural. La variabilité en un même site de la courbe de réponse à des doses croissantes d'azote (fig. 52) s'explique par l'incidence de la séquence climatique sur le système sol-plante et les conséquences qui en résultent sur le potentiel de croissance tout autant que sur les disponibilités du sol et les pertes subies par les apports. En ralentissant la croissance, la sécheresse par exemple, diminue les besoins en azote de la plante (MARTIN-PREVEL, 1959 a). Il en est de même pour tout autre facteur : baisse de la température (PY *et al.*, 1957), hypoxie du milieu racinaire (RAFAILLAC, 1982).

Certains facteurs peuvent influencer les besoins de la plante indépendamment de leur action sur la croissance : c'est notamment le cas de la lumière (SIDERIS, 1940) qui augmente la teneur en nitrates des tissus (CONNELY, 1969).

La nitrification extrêmement rapide dans la plante de l'azote absorbé même sous forme uréique ou ammoniacale n'est pas très bien comprise (CONNELY, 1969 ; MARCHAL et LACOEUILHE, 1980). A l'inverse l'hypoxie du milieu racinaire réduit l'absorption des éléments minéraux principalement des nitrates (RAFAILLAC, 1982).

I. 4.1.3.1.6. — *Besoins en phosphore*

Le comportement anionique de l'azote minéral dans la plante ne semble paradoxalement pas avoir une forte influence sur l'absorption du phosphore. L'accommodation à des sols pauvres (cf. carences minérales) est probablement due à une symbiose avec des mycorhizes (Photos 21 et 22) (MOURICHON, 1981) comme il en existe sur de très nombreuses plantes. Des conditions défavorables à l'assimilabilité du phosphore (sécheresse) jointes à une mauvaise absorption par la plante (installation ou mauvais état du système racinaire) peuvent cependant être à l'origine des déficiences souvent passagères. Les besoins de l'ananas en cet élément sont limités (GODEFROY *et al.*, 1971).

Il est rare de constater un effet antagoniste de l'azote sur l'absorption du phosphore. Les accepteurs de la plante sont probablement différents. Pour cette raison, l'azote peut être apporté seul dans les pulvérisations foliaires. Par contre, ce qui peut apparaître comme un antagonisme du potassium sur le phosphore s'expliquerait en réalité par les sulfates de l'engrais potassique (MARCHAL *et al.*, 1970).

I. 4.1.3.1.7. — *Relations azote-potassium*

Les besoins en potassium sont quantitativement les plus importants. Par les relations azote-croissance, l'azote a un rôle directeur sur les besoins en potassium. De plus, l'augmentation de la croissance par l'azote peut conduire à élever la teneur des tissus en potassium — donc les immobilisations — si le sol en est suffisamment pourvu (MARCHAL *et al.*, 1970).

L'azote en augmentant les prélèvements de potassium peut donc contribuer à épuiser le sol en cet élément, en plus des risques accrus de lixiviation par acidification du sol due à des apports trop massifs d'engrais azotés (cf. I. 4.1.2.2).

Le potassium a, dans des conditions moyennes, une incidence plus faible que l'azote sur le poids du fruit (fig. 53). Contrairement à l'azote, son absorption se poursuit après l'induction florale (LACOEUILHE, 1973 b). Il a un effet favorable sur la qualité du fruit (cf. I. 4.1.4.2) pour lequel c'est un élément essentiel, d'autant plus important que la luminosité et la température sont élevées.

Le potassium peut également favoriser la croissance des rejets

(DALLDORF, 1975 b) et la seconde récolte, probablement parce qu'il agit favorablement sur la croissance de la tige (SIDERIS et YOUNG, 1945). Les différents effets de la nutrition potassique sont peut-être liés à l'action du potassium sur les rythmes d'ouverture des stomates et l'amélioration de l'économie de l'eau de la plante (COMBRES, 1976).

En recherchant une alimentation adaptée aux besoins du plant sur milieu artificiel, R. TISSEAU (1971) a montré que la consommation d'un plant en potassium est liée aux quantités qui sont offertes. L'ananas montre une avidité particulière pour le potassium et dans une moindre mesure pour l'azote. Il peut s'en suivre une consommation de luxe qui ne se traduit ni sur le poids, ni sur la qualité du fruit.

I. 4.1.3.1.8. — *Relation entre cations*

La surconsommation de potassium s'accompagne d'une augmentation de la somme des cations K, Ca, Mg dans la plante. Cela montre vraisemblablement une augmentation par le potassium de la capacité d'échange des racines, amélioration qui profite essentiellement au potassium lui-même. Quelle que soit la richesse initiale du sol et l'équilibre entre cations de la fumure, le potassium représente plus des trois quarts de la somme des cations exprimés en milli-équivalents de la feuille D (fig. 54). Le potassium modifie le métabolisme de la plante quantitativement (action sur la croissance) mais aussi qualitativement (somme et rapport des cations). L'absorption du magnésium subit le plus fortement l'effet antagoniste du potassium et dépend en premier lieu des disponibilités en potassium (LACOEUILHE et GICQUIAUX, 1971).

« L'ananas absorbe le potassium mieux que le magnésium et le magnésium mieux que le calcium. Cet ordre n'est pas celui de ses préférences, il est celui de ses besoins » (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1962).

I. 4.1.3.1.9. — *Facteurs réduisant la croissance*

Déterminés par la croissance et agissant sur elle en retour, les besoins de la plante en éléments minéraux interfèrent donc profondément les uns sur les autres. Mais il est tout aussi important de constater que la réalisation complète du potentiel de croissance correspondant à l'offre climatique, passe par l'action de ces mêmes facteurs climatiques sur le parasitisme, le sol et les techniques culturales, qui influencent eux aussi les besoins de la plante.

En particulier, des parasites comme les nématodes (MAGISTAD et OLIVEIRA, 1934; ENGLERTH, 1969; LACOEUILHE et GEROUT, 1976) ou les symphytes (LACOEUILHE *et al.*, 1977) limitent la croissance des parties aériennes en affectant le fonctionnement des racines. Sur solution nutritive, la suppression des trois quarts des racines à 8 semaines

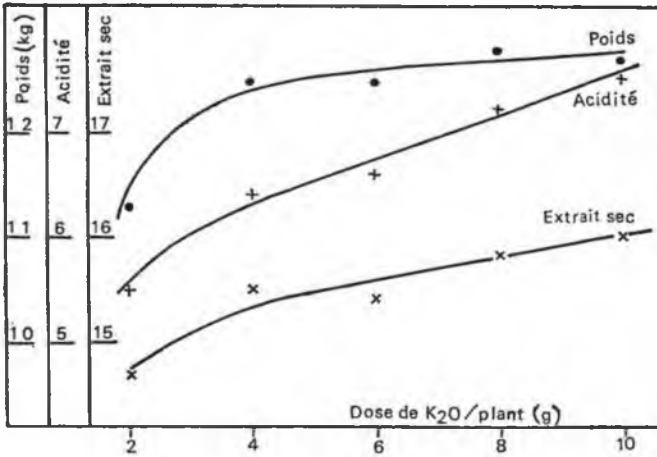


FIG. 53. — Influence de la quantité de potasse sur les caractères du fruit exporté à l'état frais. (LACOEUILHE, 1978 a).

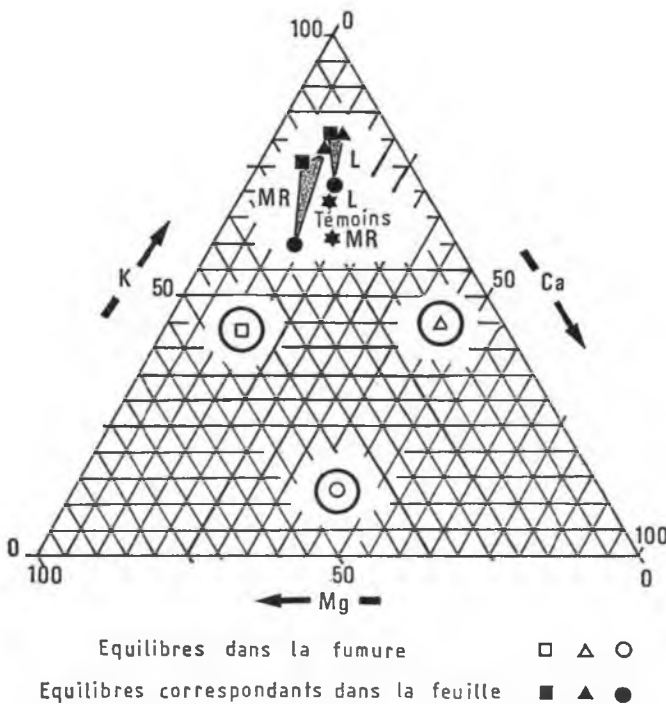


FIG. 54. — Répartition de K, Ca et Mg dans la fumure et dans la feuille D au traitement de floraison pour deux localisations en Martinique. Teneurs du sol en potassium : L : 1,15 m.e. % ; MR : 0,20 m.e. %. Témoins sans apport de cations. (LACOEUILHE, GICQUIAUX, 1971).

diminue la consommation de N et de K. Les plants amputés opèrent cependant une compensation par une absorption plus intense, d'autant plus importante que la plante a des besoins élevés et des réserves réduites (Godo, 1980 b). Comme le système racinaire s'accroît vraisemblablement plus vite (comme chez l'orge ou le blé) que la consommation des éléments minéraux, de telles amputations en conditions naturelles sont particulièrement graves dans la phase initiale suivant la plantation et sur des plants petits ou à l'opposé lorsque les racines sont moins fonctionnelles au cours de la deuxième récolte.

La compensation possible avec des apports par voie foliaire court-circuitant les racines déficientes ne suffit pas pour assurer le rendement, car la croissance est elle-même diminuée (LACOEUILHE et GUEROUT, 1976) par la réduction de l'absorption de l'eau, de l'exsudation racinaire, de la synthèse des phytohormones. C'est donc bien par l'intermédiaire de la croissance qu'interviennent essentiellement tous ces facteurs réducteurs. Cependant, un état nutritif élevé de la plante diminue sa sensibilité à l'hypoxie du milieu racinaire (RAFAILLAC, 1982).

I.4.1.3.1.10. — *Référentiel des besoins*

Un référentiel des besoins minéraux suppose donc l'analyse et la modélisation de l'action des facteurs climatiques sur la croissance passant par la dynamique de la physique et de la chimie du sol (air, eau, éléments minéraux) du complexe parasitaire et des techniques culturales (travail et aménagement du sol, traitements herbicides et phytosanitaires, contrôle des cycles).

En seconde récolte, l'incidence de la plupart de ces facteurs est encore plus forte sur la croissance et le développement des rejets. Ils constituent le plus souvent les facteurs limitants. Bien que la seconde récolte ne soit pas le simple prolongement de la première, on considère en général que ses besoins sont réduits par rapport à la première avec un coefficient de 0,6 à 0,7 ; mais peu d'études précises ont été publiées à ce sujet.

I.4.1.3.2. — SYMPTÔMES FOLIAIRES DES PRINCIPALES CARENCES MINÉRALES

Une plante se caractérise au premier abord par son port, le nombre, les dimensions, la forme et la couleur de ses feuilles. On sait que le phénotype est influencé par les conditions écologiques et édaphiques (cf. Écologie) mais l'activité du système racinaire peut modifier profondément la croissance et le phénotype des parties aériennes. Son observation est primordiale et doit précéder toute identification de symptômes foliaires.

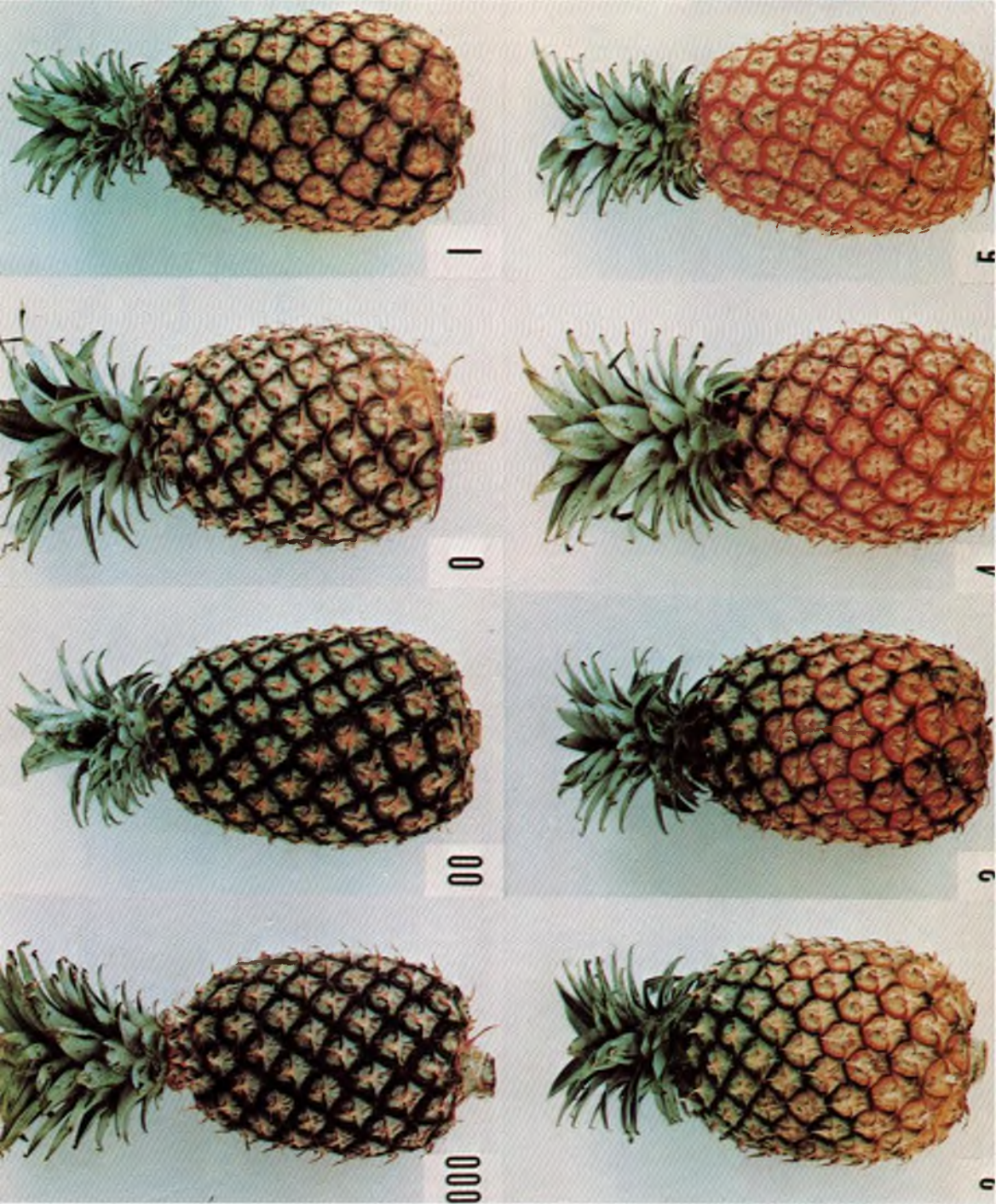


PHOTO 26. — Évolution de la coloration de la peau à l'approche de la pleine maturité du fruit (réalisation financée par le Panel France, Europe du Nord des ananas « Elit » - Yamoussoukro (Côte-d'Ivoire), les Sociétés AVM (Bruxelles), Fruits Unis, Pomona, SIIM (Paris, Rungis, Marseille).

PHOTOS 27 et 28 — Coup de soleil :

- altération de l'épiderme (Cliché Giacomelli).
- début d'altération de la chair : translucidité accrue et changement de coloration. (Cliché Citrus and Subtropical Fruit Research Institute - Afrique du Sud).



PHOTO 29. — Évolution de l'altération.

(Cliché Teisson).



PHOTO 30. — Aspect d'un fruit de Cayenne Lisse qui s'est développé en période froide.

(Cliché Giacomelli).



PHOTO 31. — Fruit ovoïde et creux - anomalie dont l'origine présumée serait due à un déficit hydrique au moment de la formation du fruit.

(Cliché Sarah).



Déficiences minérales - 1 (cations)

PHOTO 32. — Symptômes foliaires de
déficience en potassium relevés en
plein champ. (Cliché Py).

PHOTO 33. — Symptômes foliaires de
déficience en magnésium relevés en
plein champ. (Cliché Py).

PHOTO 34. — Symptômes foliaires de
déficience en magnésium relevés en
milieu contrôlé. (Cliché Py).

PHOTO 35. — Déficience en calcium - Symptômes relevés en milieu contrôlé
(mort du méristème terminal). (Cliché Guyot).



PHOTO 36. — Déficience en phosphore en milieu contrôlé. (Cliché Guyot).

PHOTO 37. — Déficience en bore sur fruit en milieu contrôlé. (Cliché Guyot).



PHOTOS 38 et 39. — Déficience en fer sur fruit en milieu contrôlé et sur feuille en plein champ. (Clichés Guyot et Py).



Les facteurs qui influencent l'alimentation hydrique de la plante tiennent une place essentielle. Comme pour toutes les autres plantes, l'eau est, de loin, le composé pour lequel les besoins de la plante sont les plus élevés, et doivent être satisfaits de façon régulière. De plus, l'eau est également dans le sol, le véhicule des éléments minéraux que la plante vient puiser. Le renouvellement de la solution du sol influence la cinétique des disponibilités pour la plante des éléments minéraux et l'évolution de leur stock en réserve dans le sol. Différents facteurs sont susceptibles d'influencer les échanges entre le sol et sa solution et entre celle-ci et la plante. Ils contribuent par conséquent, à l'apparition de symptômes de déficiences ou de carences (par exemple apparition de symptômes de déficience en phosphore en conditions sèches).

Il résulte de cet ensemble complexe qu'une carence minérale observée au champ n'a pas toujours une cause directe et unique : phénomènes de blocage dans le sol, équilibre des éléments dans la solution du sol, sélectivité de l'absorption de la plante...

Au champ, les symptômes peuvent donc être un peu différents de ceux qui sont obtenus en milieu contrôlé avec une certitude plus grande. Les conditions climatiques peuvent également affecter l'apparition et le faciès des symptômes.

L'origine complexe des phénomènes impliqués fait que les remèdes à apporter le sont également et ne se limitent pas obligatoirement à l'apport du seul élément supposé déficient. L'irrigation, le contrôle du pH, le rééquilibrage des apports au sol ou en pulvérisations... peuvent avoir des effets bien plus efficaces et durables.

De plus, l'apparition de symptômes visuels de carence est un stade ultime qui a le plus souvent été précédé par une déficience plus légère avec un effet dépressif sur la croissance et le rendement. Une mauvaise nutrition doit donc être détectée de façon suffisamment précoce pour pouvoir y remédier avant que le rendement soit affecté (cf. II. 7).

En dépit de cette réserve, la connaissance des symptômes visuels de carence en éléments minéraux est indispensable et plusieurs études ont été entreprises en conditions contrôlées sur ce sujet.

- Sur Cayenne Lisse par SIDERIS et YOUNG, 1950, 1956, etc... ; CIBES et SAMUELS, 1961 ; TISSEAU R., 1963.
- Sur Singapore Spanish par KANAPATHY, 1959.
- Sur Red Spanish par CIBES et SAMUELS, 1958.

Les résultats en ont été confirmés sur le terrain dans un certain nombre de cas : MARTIN-PREVEL, 1959 b ; MARCHAL, 1971 a et b ; TAY, 1974 a ; SU, 1975 ; GLENNIE, 1977 a ; JORGENSEN, 1978, etc...

Les symptômes foliaires peuvent être définis avec suffisamment de précision dans la plupart des cas. Cependant, leur identification

sur le terrain ne peut être fait avec certitude que si la plante peut effectivement puiser dans le sol les éléments qui y sont à sa disposition. Plus les racines sont nombreuses et mieux elles sont réparties dans le sol, meilleure est l'alimentation de la plante.

Plusieurs facteurs peuvent affecter le fonctionnement du système racinaire ainsi que l'absorption des éléments minéraux, leurs effets peuvent s'additionner. Leur identification est importante dans la pratique.

La physique et la chimie du sol (cf. I. 4.1.2) jouent un rôle important sur le développement racinaire. La dynamique de l'eau dans le sol crée souvent des conditions défavorables. Les conséquences en sont importantes même pour des durées limitées. Dans les cas les plus graves d'excès d'eau, les racines sont peu nombreuses, sans poils absorbants, plus ou moins pourries. Sans atteindre les situations extrêmes, le diamètre des racines a tendance à diminuer, l'apex est détruit, ce qui entraîne des ramifications moins nombreuses et plus longues que dans le cas des symphytes. A l'inverse en conditions sèches, les racines sont lignifiées, leur croissance et leur activité sont limitées (absence de pointes blanches et de poids absorbants).

Les facteurs biologiques conduisent à des symptômes qui sont décrits dans les chapitres consacrés aux différents agents responsables :

- Nématodes.
- Symphytes.
- Coléoptères.
- Cochenille *Dysmicoccus brevipes*.
- *Phytophthora* sp.
- *Ceratocystis* sp.

Les symptômes décrits ci-après concernent la carence du seul élément considéré ; tous les autres sont supposés ne pas être limitants dans le milieu.

Carence en azote

- Feuillage jaune-vert à jaune.
- Feuilles petites, étroites, peu nombreuses.
- Plant chétif à croissance lente.
- Fruit petit, très coloré avec petite couronne.
- Absence de bulbilles.
- Fréquente sur sols pauvres en matière organique, sans fumure dans des situations chaudes et bien ensoleillées.

Carence en phosphore (photo 36)

- Feuillage de couleur sombre, vert-bleu, plus prononcé avec fumure azotée importante.
- Feuilles se desséchant à partir de l'extrémité en commençant par les plus vieilles.
- Vieilles feuilles avec pointes sèches de couleur brun-roux, bourrelets transversaux bruns. Le bord de ces feuilles jaunit à partir de la pointe.
- Plant à port érigé avec feuilles longues et étroites.
- Racines avec chevelu plus long, plus coloré, moins ramifié.
- Fruit petit à coloration rougeâtre.
- Rare, peut apparaître plus ou moins provisoirement surtout en période sèche sur sols pauvres ou sur horizons profonds mis à nu par débroussement ou remodelage.

Carence en soufre

- Feuillage jaune pâle à doré.
- Bord des feuilles rose surtout sur vieilles feuilles.
- Plants à port normal.
- Fruit assez petit.
- Rare, sauf dans les cas de fumure ne comportant pas de sulfates.

Carence en potassium (photo 32)

- Feuillage vert à vert foncé, plus prononcé avec fumure azotée.
- Feuilles avec petites punctuations jaunes qui s'agrandissent, se multiplient et peuvent se rejoindre sur les bords du limbe.
- Dessèchement de leur extrémité.
- Plant à port étalé.
- Pédoncule fructifère de faible diamètre.
- Fruit petit, sans acidité, sans parfum.
- Fréquente sauf sur sols riches en K. Favorisée par fumure déséquilibrée forte en azote, par insolation forte, par lixiviation importante, par sols à pH élevés, riches en Ca, Mg.

Carence en calcium (photo 35)

- Feuilles très petites, courtes, étroites, cassantes.
- Entre-nœuds très courts.
- En milieu contrôlé, on peut aller jusqu'à la mort de l'apex avec développement de rejets latéraux qui ont un aspect équivalent.
- Rare, sauf peut-être sur sols fortement dégradés.

Carence en magnésium (photos 33 et 34)

- Plant de port normal.
- Vieilles feuilles jaunes dont des parties restent vertes quand elles se trouvent à l'ombre des feuilles plus jeunes. Taches jaunes puis brunes en milieu contrôlé, dessèchement des vieilles feuilles qui n'ont pas terminé leur croissance au début de la carence.
- Fruit sans acidité, pauvre en sucre, sans saveur.
- Assez courante sur les sols pauvres en Mg, surtout avec une forte fumure potassique, dans des situations fortement ensoleillées.

Carence en fer (photos 38 et 39)

- Chlorose se développant à partir de jeunes feuilles.
- Feuilles en général molles, larges, jaunes avec un « grillage » vert correspondant aux vaisseaux conducteurs.
- Vieilles feuilles sèches.
- Feuilles présentant des bandes transversales vertes dans le cas de pulvérisations de fer à volume élevé.
- Fruit rouge avec couronne chlorotique.
- Assez fréquente dans une gamme de situations variées : sols à pH élevés, sols riches en manganèse (Mn/Fe 2), sols compacts, conditions réductrices, emplacements de termitières, forte fumure azotée de plants subissant une diminution assez rapide de l'activité racinaire pour diverses raisons (cochenilles, sécheresse...), etc...

Carence en manganèse (photo 4)

- Les symptômes ne sont pas en fait très bien définis.
- Les feuilles atteintes ont un aspect marbré avec des plages vert-clair principalement à l'emplacement des vaisseaux entourant des plages d'un vert plus foncé.
- Rare, sur sols riches en Ca à pH élevé.

Carence en zinc (photo 40)

- Sur jeunes plants : le cœur de la rosette foliaire est fermé, les jeunes feuilles sont raides, cassantes et parfois courbées (« crook-neck »).
- Sur vieux plants : les feuilles basses ont des marbrures irrégulières et des décolorations jaune orangé en plaques sur les bords du limbe dont la pointe est sèche. Attaques fréquentes de *Diaspis* avec symptômes caractéristiques.
- Peu fréquente, sauf sols à pH élevé, chaulé en excès ou mauvaise incorporation de la chaux ou du phosphore.

Carence en cuivre

- Feuilles vert clair, étroites avec bords ondulés sur une forme nette de gouttière en U, rares trichomes.
- Pointe des feuilles E se courbant vers le bas.
- Vieilles feuilles tombantes avec coloration lie de vin à la pliure.
- Racines courtes avec chevelu réduit.
- Plant rachitique.
- Serait relativement courante mais la description des symptômes est souvent imprécise.

Carence en bore (photo 37)

On lui attribue un certain nombre de symptômes relevés en diverses situations :

- Décoloration jaune à orangé virant vers le brun d'un seul bord des feuilles terminant leur croissance sur les deux tiers de leur longueur — pointe sèche — tendance de la feuille à se vriller (hydroponiques Côte-d'Ivoire).
- Chlorose des jeunes feuilles avec rougissement des bords mort de l'apex (hydroponique Malaisie).
- Fruits à couronnes multiples (Hawaii, Martinique).
- Formations liégeuses entre les yeux du fruit qui peut être très petit, sphérique (Australie, Martinique).
- Ces symptômes apparaissent le plus souvent à cause de blocages du bore dans le sol par la sécheresse ou par des pH trop élevés.

Carence en molybdène

- Non signalée et non obtenue en hydroponique, mais probable sur sols à pH < 4 en association avec toxicité alunique.

Autres symptômes foliaires

De nombreux autres symptômes foliaires peuvent apparaître en relation avec les différentes formes de parasitisme (voir ces chapitres). Mais d'autres sont liés à des apports de minéraux :

- *Le chlorure de sodium* par les embruns marins (cf. vent) : bandes transversales nécrotiques de couleur foncée (photo 42).
- *Le biuret*, impureté de l'urée, provoque le dessèchement de la pointe des vieilles feuilles avec une frange jaunie.
- *L'urée* pulvérisée sur le feuillage avec une concentration trop forte, brûle la base des feuilles avec parfois une exsudation de gomme.

- Le sulfate d'ammoniaque (ou un engrai NPK) apporté sous forme solide à l'aisselle des feuilles D ou plus jeunes provoque des symptômes similaires.
- La potasse à très forte concentration peut provoquer en pulvérisation des brûlures légères et superficielles qui se présentent sous forme de taches brunes, notamment avec le chlorure.

I. 4.1.3.3. — RECHERCHE D'UN DIAGNOSTIC FIDÈLE DE LA NUTRITION DE LA PLANTE

Les premières analyses de tissus végétaux dans le but d'établir un diagnostic nutritionnel de l'ananas ont été réalisées aux Hawaii par NIGHTINGALE (1942). Elles font partie des travaux de l'équipe hawaïenne comprenant SIDERIS, KRAUSS, YOUNG, CHUN et ont abouti en particulier à la technique du « crop log » développée par SANFORD (1962), utilisée peu ou prou dans la plupart des principaux pays producteurs.

Par rapport au diagnostic foliaire introduit primitivement en France par LAGATU et MAUME (1930) en pays tempérés sur plantes pérennes, l'approche est sensiblement différente pour l'ananas. En pays tropical, les rythmes saisonniers sont moins tranchés. Les différences entre localisations (altitude notamment) et entre les successions climatiques annuelles ou pluriannuelles sont plus importantes sur le plan agronomique. L'objectif de NIGHTINGALE a été de trouver des index indépendants de ces facteurs et applicables en tout lieu et en toute saison.

Les trois principes essentiels de son travail sont les suivants :

- La quantité de réserves amylacées représente l'intensité de l'activité photosynthétique.
- La concentration des nitrates dans la plante doit être liée à l'état des réserves amylacées.
- La déficience en un élément essentiel doit être non seulement constatée, mais surtout expliquée.

I. 4.1.3.3.1. — Coloration du feuillage

Différents tests ne réussirent pas à caractériser l'état des réserves amylacées, mais une corrélation a été trouvée entre la couleur de la feuille et l'amidon stocké dans les cellules (Tableau 22).

La couleur 1 représente la meilleure nutrition azotée en rapport avec la synthèse des glucides déterminée par la température, les disponibilités en gaz carbonique et l'ensoleillement. Un ensemble d'études sur la fertilisation azotée a montré l'importance de la coloration verte au moment de la différenciation florale indépendamment de

TABLEAU 22

Caractères des feuilles de différentes couleurs
(SANFORD, 1962)

Numéro	Couleur	Texture	Quantité de glucides en rapport avec l'azote protéique
0	Jaune	Forme	Variable
1	Jaune-vert	Forme	Elevé
2	Vert olive	Intermédiaire	Moyen
3	Vert foncé	Molle	Faible

celle des premiers stades de croissance (SANFORD, 1962). Maintenir par la fertilisation, le feuillage à la couleur n° 3 n'améliore pas le rendement (SU, 1960). La coloration jaune du feuillage a moins d'incidence sur le rendement quatre mois avant l'induction florale qu'au moment de la différenciation de l'inflorescence. En estimant le pourcentage de feuilles de couleur 1, on peut caractériser l'état nutritionnel du plant et l'interpréter en fonction de son âge (fig. 55).

Représentative du rapport azote-glucides en fonction des conditions climatiques, la couleur des feuilles dépend cependant d'autres facteurs. La couleur 1 suppose un optimum entre azote et phosphore : la déficience en phosphore comme l'excès d'azote induit la coloration 3 vert foncé. Il en est de même pour le potassium qui est indispensable pour la condensation des sucres réducteurs en amidon et en saccharose et pour le transfert de l'azote protéique des feuilles vers la tige (SIDERIS et YOUNG, 1945). La nutrition potassique influence pour ces raisons la coloration du feuillage en relation avec l'offre climatique (LACOEUILHE, 1978 a).

I. 4.1.3.3.2. — *Analyse de la partie non chlorophyllienne de la feuille*

Il faut donc un complément par l'analyse foliaire qui a été réalisé par NIGHTINGALE (1942) sur le tiers médian de la partie basale non chlorophyllienne de la feuille D. L'avantage de cet échantillon est sa teneur en eau relativement constante, ce qui permet d'exprimer rapidement les résultats sur la base de la matière fraîche. Dans cet échantillon la teneur en sucres est liée de façon inverse à la croissance et

aux teneurs en nitrates et en potassium (SIDERIS et YOUNG, 1951). Les teneurs en K, Ca, Mg y diminuent en général avec l'âge et la taille du plant, alors que celles du phosphore ont tendance à augmenter (SANFORD, 1962 ; SU, 1960 ; GLENNIE, 1976 ; DALLDORF et LANGENEGGER, 1976).

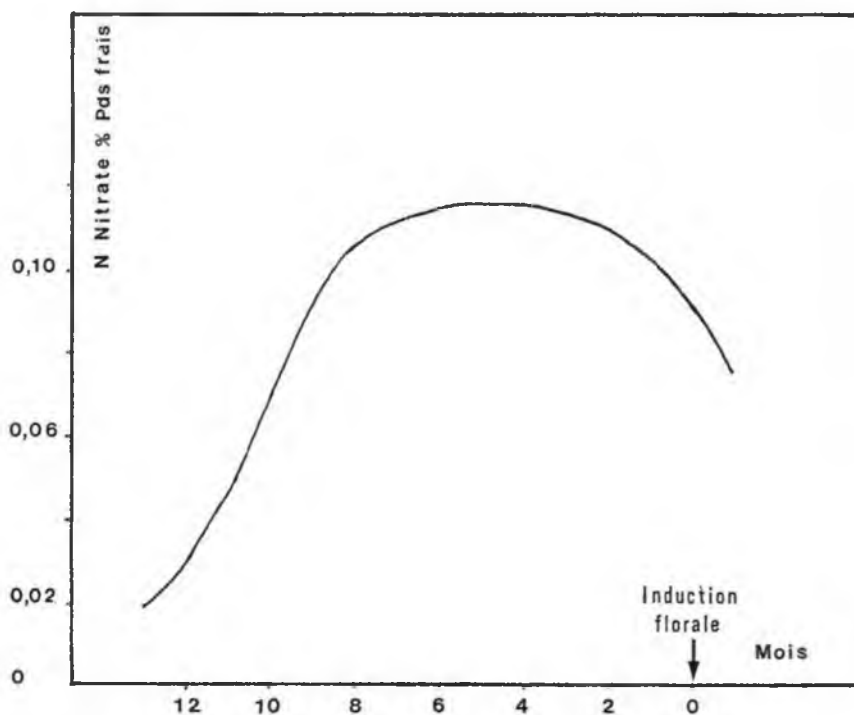


Fig. 55. — Teneur maximale en nitrate du tiers médian de la base de la feuille en fonction de la croissance. (NIGHTINGALE, 1942).

Du point de vue physiologique, cette partie non chlorophyllienne de la feuille se comporte un peu comme un pétiole, lieu de transit entre la feuille et les autres organes de la plante.

La composition de cet échantillon exprime donc les mouvements des éléments à l'intérieur de la plante et montre une grande sensibilité pour les éléments les plus mobiles : nitrates, P, K. Ces migrations sont sensibles aux rythmes quotidiens (SIDERIS et CHAN, 1947) et aux variations quantitatives et qualitatives de la solution du sol (Fig. 56). Les conditions dans lesquelles l'échantillon a été prélevé doivent donc être définies (heure du prélèvement, conditions météorologiques). Parmi les normes proposées pour cet échantillon, on peut citer celles qui sont utilisées en Australie (Tab. 23).

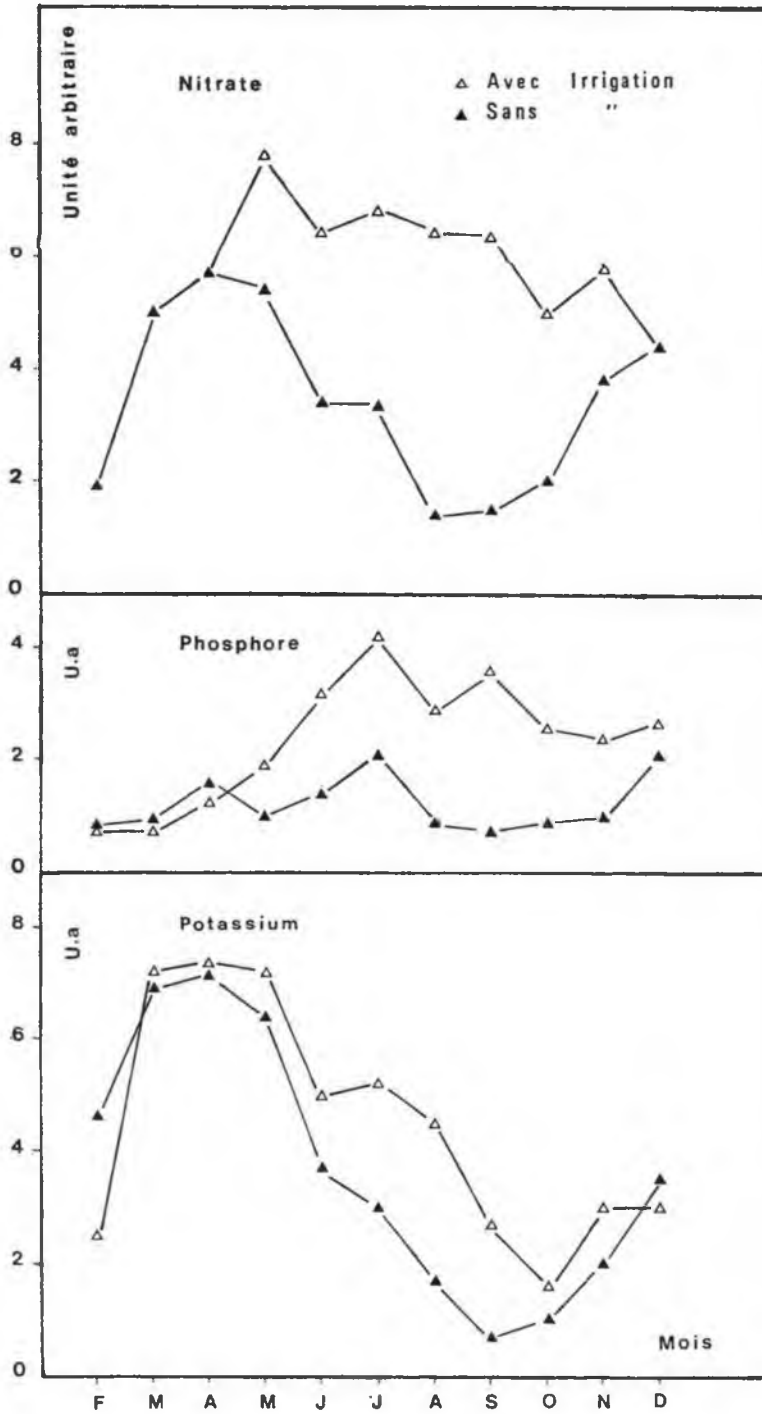


FIG. 56. — Effet de l'irrigation sur les teneurs en nitrates, P et K, dans la partie basale de la feuille D (SANFORD, 1962).

TABLEAU 23

**Normes proposées pour la composition du tiers médian
de la partie basale de la feuille D (p.p.m. de m.f.)**
(GLENNIE, 1977 b)

Elément	Niveau critique	Niveau critique à l'induction florale	Niveau de déficience
K (1)	3 000	2 700	2 000
(2)	3 500	3 000	
Mg (1)	270	270	100
(2)	250	250	
Ca	150	150	90
P	100 - 200	200	90

1. K échangeable du sol supérieur à 0,2 m.é. p. cent.

2. K échangeable du sol supérieur à 0,2 m.é. p. cent.

I. 4.1.3.3.3. — *Analyse de la feuille entière*

La partie chlorophyllienne de la feuille est moins sensible à ces variations. C'est selon l'expression de LAGATU et MAUME (1930) « le laboratoire de la plante », où les quantités des éléments minéraux présents doivent permettre le fonctionnement optimal correspondant à l'offre climatique.

La loi de l'équilibre de l'azote dans la feuille D entière (MARTIN-PREVEL, 1959 a) exprime le fait que la quantité d'azote qui excède 1 % de la matière sèche peut être utilisée par la plante pour sa croissance. La variation de la teneur en azote des feuilles D successives peut être reliée à l'augmentation de la masse foliaire pendant le même intervalle de temps (fig. 57) (MARCHAL *et al.*, 1970).

L'analyse de la feuille entière permet de caractériser le stock d'azote disponible pour la croissance. On doit considérer pour cela, le contenu en azote de la feuille D, produit de sa teneur en azote par sa masse sèche (MARTIN-PREVEL, 1970 ; LACOEUILHE, 1971). On peut ainsi apprécier la dynamique de la croissance en rapport avec l'absorption de l'azote. Les normes utilisées pour les éléments autres que l'azote sont exposées dans le texte qui suit. Elles peuvent être comparées à celles d'Afrique du Sud (tableau 24) selon DALLDORF et LANGENEGGER.

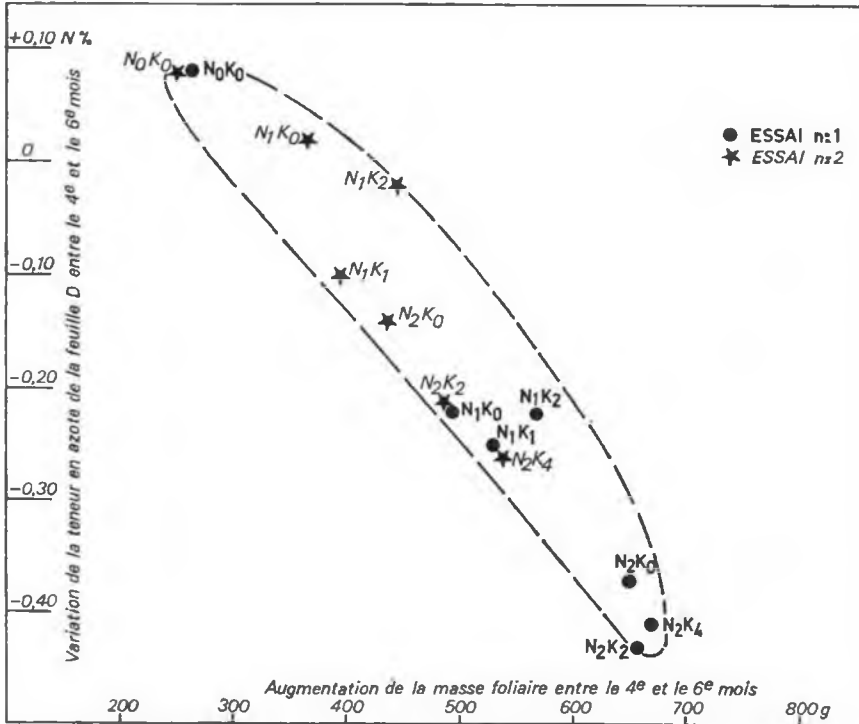


FIG. 57. — Relations entre la croissance foliaire et la teneur en azote. (MARCHAL *et al.*, 1970).

TABLEAU 24

Normes proposées pour la feuille D entière à l'émergence de la fleur
(DALLDORF et LANGENEGGER, 1978)

Éléments en g ou mg par kg de poids sec

Élément	Norme
N g/kg	15 à 17
P g/kg	± 1,0
K g/kg	22 à 30
Ca g/kg	8 à 12
Mg g/kg	± 3,0
Zn mg/kg	+ 10
Cu mg/kg	+ 8
Mn mg/kg	50 à 200
Fe mg/kg	100 à 200
B mg/kg	+ 30

I.4.1.3.3.4. — *État nutritionnel et croissance des parties aériennes*

Quel que soit le type d'échantillon prélevé, tiers médian de la partie non chlorophyllienne (technique hawaïenne) ou feuille entière (technique IRFA) la feuille D est utilisée car c'est la seule qui peut être repérée facilement (cf. croissance) et représenter avec fidélité et sensibilité l'état nutritionnel de la plante. Cette feuille permet également d'estimer la croissance, ce qui est indispensable pour l'interprétation des analyses foliaires. Pour caractériser l'état nutritionnel et la croissance, le nombre de feuilles prélevées doit être suffisant pour être représentatif de l'état d'une parcelle (STEYN, 1959). Mais on peut préférer utiliser des parcelles-log (une pour 35 acres) spécialement établies à cet effet (SANFORD, 1962).

Ces parcelles-log sont également destinées à vérifier que la croissance est normale dans le site et à l'époque considérée et qu'elle n'a pas été limitée par certains facteurs, qui de plus influencent l'état nutritionnel de la plante. Outre les facteurs climatiques dont le relevé est indispensable à une interprétation correcte (cf. I.4.1.1), l'examen de l'état du système racinaire dont l'importance a déjà été soulignée à plusieurs reprises, est indispensable.

C'est souvent l'examen critique de l'homogénéité des parcelles et la recherche des causes d'hétérogénéité qui permet de définir les principaux facteurs limitants.

I.4.1.3.3.5. — *État nutritionnel et croissance des parties souterraines*

Le pourcentage des racines ayant une pointe blanche (SANFORD, 1962) peut être utilisé, mais est difficile à chiffrer avec précision. Il en est de même pour la résistance du plant à l'arrachement qui a une valeur indicative très intéressante, mais peu précise. Ces observations donnent cependant un diagnostic global de l'état instantané résultant des conditions ayant influencé le développement du système racinaire du plant depuis sa mise en terre. Elles gagnent beaucoup à être complétées par l'examen de quelques profils culturaux à l'intérieur de la parcelle.

Le profil cultural est « l'ensemble constitué par la succession des couches de terre, individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions » (HENIN *et al.*, 1969). Cet examen essentiel adapté à la mise au point des techniques culturales, permet ici de caractériser l'état du système racinaire d'une façon dynamique en mettant en évidence les facteurs physiques qui ont pu jouer un rôle limitant au cours de la séquence climatique. En définissant le milieu où se sont développées les racines, il permet d'expliquer et de préciser les condi-

tions climatiques au cours desquelles la plante a en particulier souffert d'un excès ou d'un manque d'eau dans le sol.

Les mesures de l'humidité du sol dans la zone en général superficielle prospectée par les racines sont peu fiables (tensiomètres, sonde à neutron) et supposent pour avoir une valeur indicative, une fréquence élevée des relevés, ou des observations en continu traitées par ordinateur et nécessitant des installations très sophistiquées (COMBRES et PERRIER, 1976).

C'est surtout à partir des relevés de la pluviométrie et du rayonnement (cf. I. 4.1.1) qu'on peut estimer si l'eau a eu un effet limitant.

I. 4.1.3.3.6. — Incidence du parasitisme

Les autres facteurs limitants concernent le parasitisme. Les symptômes, parfois très apparents, peuvent aussi se manifester de façon plus ou moins diffuse. Ils sont plus faciles à repérer sur les parties aériennes (Wilt...) que sur les racines. Facilement identifiables dans le cas des symphytes, ils sont plus difficiles à identifier avec une sécurité suffisante dans le cas des nématodes, qu'ils soient endoparasites ou ectoparasites. Leur incidence sur l'activité racinaire est surtout difficile à quantifier de façon précise. Les comptages de prédateurs qui peuvent être effectués, n'ont de signification que s'ils montrent l'évolution des populations de ces parasites. Ils nécessitent un nombre important de répétitions pour tenir compte de la variabilité entre plants, notamment dans le cas des symphytes (cf. I. 4.2.3.1).

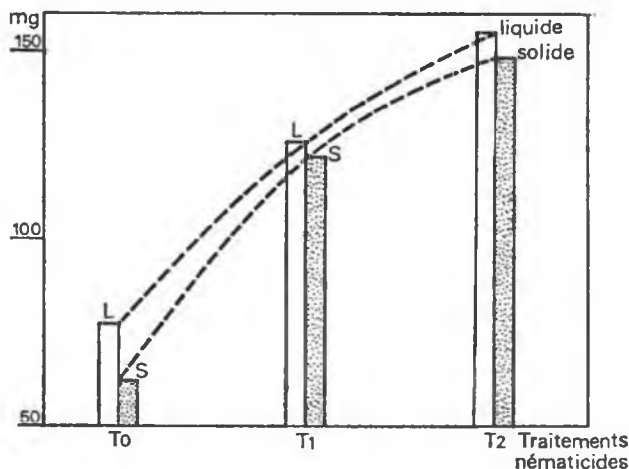


FIG. 58. — Influence des traitements nématicides sur le contenu en azote de la feuille D au moment de l'induction florale. To : sans traitements. T1 et T2 : traitements d'intensité croissante. Fumure liquide en pulvérisation ou solide à l'aisselle des feuilles. (LACOEUILHE, 1976).

Si ces facteurs réduisent directement la croissance, ils influencent également la nutrition de la plante, la composition foliaire (fig. 58) et le rapport des éléments entre eux (Tab. 25). Le contrôle des nématodes par des traitements DBCP peut diminuer l'absorption du phosphore par rapport à l'azote et celle du calcium et du magnésium par rapport au potassium (LACOEUILHE et GUEROUT, 1976). Cependant la fumigation du sol avec des dérivés du brome diminue les teneurs du phosphore dans la plante (SANFORD, 1962) probablement par une action dépressive sur les mycorhizes (YOST et FOX, 1979), alors que le manganèse est augmenté (ENGLERTH, 1969). Les nématicides systémiques organo-phosphorés ont un effet inverse (MARCHAL, 1976).

I.4.1.3.3.7. — *Diagnostic de la nutrition en éléments majeurs*

— Azote

La valeur du diagnostic repose en premier lieu sur l'évaluation de la nutrition azotée. La coloration du feuillage et l'analyse des feuilles D sont les moyens dont on dispose, mais les chiffres obtenus doivent être confrontés :

- à un modèle de croissance adapté à la situation locale,
- au calendrier de fertilisation en distinguant apports au sol ou à l'aisselle des feuilles et pulvérisations foliaires,
- à l'état du système racinaire (estimation qualitative) en rapport avec l'état physique du sol, le phénomène parasitaire et son contrôle.

L'analyse foliaire de nombreux essais de fertilisation a montré (MARCHAL, 1975) que la masse critique d'azote dans la feuille D au moment de l'induction florale est de 100 mg pour obtenir des fruits de 1,8 kg (sans couronne). Elle indique que l'azote n'est pas un facteur limitant au moment de l'induction florale et que les réserves de la plante sont suffisantes pour entretenir la croissance foliaire jusqu'à l'apparition de la fleur.

Elle signifie également que l'azote de la plante permettra une bonne croissance du fruit et des rejets. L'absorption de l'azote du sol, au cours de la phase apparition de la fleur-récolte du fruit est souvent faible. Elle a cependant une influence importante sur la qualité du fruit, notamment à l'occasion d'irrégularités dans la disponibilité en azote à l'approche de la maturation (retour de pluies après une période sèche). La masse critique d'azote au moment de l'induction florale doit donc être modulée autant que faire se peut en fonction de l'absorption potentielle d'azote jusqu'à la maturité du fruit (disponibilités du sol — capacité d'absorption par les racines).

Le diagnostic nutritionnel ne peut donc pas être un fragment

TABLEAU 25

Caractères de la feuille « D » entière au moment de l'induction florale
et rendement obtenu
incidence des traitements nématicides
et de la localisation des mêmes quantités d'engrais N-K
(LACOEUILHE et GUEROUT, 1976)

	Poids frais (en g)	Teneur en Matière Sèche (% M.P.)	Teneur en éléments minéraux (% M.S.)							Somme des Cations	Rendements en fruits (t/ha)
			N	S	P	K	Ca	Mg			
<u>Engrais solide</u>											
<u>au sol</u>											
sans nématicide	58,0	13,8	1,07	0,11	0,088	2,38	0,116	0,157	79,6	47,0	
D.B.C.P.	86,4	12,8	1,40	0,16	0,128	2,81	0,165	0,221	98,4	72,3	
DECP + Phénami- phos	92,1	12,0	1,61	0,17	0,157	3,17	0,215	0,266	113,8	82,8	
<u>Pulvérisations</u>											
<u>foliaires</u>											
sans nématicide	53,3	13,1	1,45	0,33	0,098	3,11	0,128	0,186	101,2	39,0	
D.B.C.P.	81,9	13,0	1,54	0,33	0,139	3,30	0,170	0,242	112,8	73,3	
DECP + Phénami- phos	81,6	11,7	1,90	0,36	0,180	4,08	0,237	0,295	140,5	79,0	

isolé d'un ensemble plus vaste qui seul, est relié au rendement et à la rentabilité économique. Il apparaît comme un des contrôles *a posteriori* des techniques mises en œuvre, dans un contexte qui dépasse la seule fertilisation. A ce titre, son utilisation est nécessaire à la transposition des résultats d'expérimentation.

— Potassium

Le niveau critique du potassium est beaucoup plus difficile à fixer pour les raisons suivantes :

- l'absorption du potassium se poursuit plus activement pendant la phase de fructification. Ainsi les normes australiennes sont plus basses pour des sols plus riches. Les apports peuvent, dans une certaine mesure (cf. II. 7), être poursuivis après l'induction florale ;
- le potassium a un rôle central sur la nutrition en cations. La somme des cations dans la feuille augmente avec la teneur en potassium qui exerce parallèlement des effets antagonistes importants sur les autres cations : calcium et magnésium ;
- le potassium joue donc un rôle important dans le fonctionnement métabolique de la plante : ouverture des stomates, transfert des sucres et acides organiques, etc...

Dès 1942, NIGHTINGALE considérait que « quand les carbohydrates sont élevés (dans la feuille) et les besoins en nitrates accrus en conséquence, du potassium supplémentaire est nécessaire pour l'absorption des nitrates et cela au-dessus de ce qui est nécessaire pour les autres fonctions du potassium ».

Un niveau critique existe néanmoins pour le poids du fruit qui a peu de chance d'être augmenté par un niveau de potassium dans la feuille D entière supérieure à 2,7 % de matière sèche au moment de l'induction florale.

Il n'en est pas de même pour la qualité du fruit car l'acidité surtout, ainsi que l'extrait sec sont presque toujours augmentés par une élévation de la nutrition potassique. Ces critères, notamment l'acidité, sont par ailleurs fortement influencés par les conditions climatiques.

— Autres éléments

Tous les autres éléments ont une action plus faible sur la croissance et le rendement. Pour qu'ils n'aient pas un effet limitant, leur teneur dans la plante doit se situer au-dessus d'un niveau critique, seuil à partir duquel une augmentation du rendement quantitatif et qualitatif ne peut être espérée. La teneur des éléments majeurs a, en général, tendance à diminuer avec l'âge de la plante (le phosphore peut faire exception). Elle doit donc être interprétée en fonction de ce

paramètre et les niveaux critiques sont définis avec plus de précision au moment de l'induction florale.

On peut ainsi citer les valeurs suivantes pour la feuille D entière au moment de l'initiation florale :

- Phosphore .. 0,08 % de la matière sèche (MARCHAL, 1971 a)
- Calcium 0,10 % de la matière sèche
- Magnésium .. 0,18 % de la matière sèche (MARTIN-PREVEL, 1970)

I. 4.1.3.3.8. — *Diagnostic des oligo-éléments*

Les niveaux de déficience ne sont pas définis avec précision pour les oligo-éléments. A partir d'enquêtes dans plusieurs situations MARCHAL (1971 b) pense qu'ils sont dans la feuille entière inférieure à 5 p.p.m. pour le cuivre et à 8 p.p.m. pour le zinc. Cependant, il est bien connu, surtout pour le zinc, que les tissus les plus sensibles pour détecter la déficience sont ceux des très jeunes feuilles et de l'apex. Leur prélèvement implique la destruction du plant, c'est pourquoi on préfère le plus souvent faire les prélèvements suivants qui peuvent également être utilisés pour étudier une situation difficile à définir (MARTIN-PREVEL, 1959 c) :

- plants malades dans la parcelle atteinte ;
- plants sains dans la parcelle atteinte ;
- plants sains dans une parcelle saine voisine.

TABLEAU 26

Niveaux (en pp.m. de m.s.) de fer et de manganèse
dans la feuille D entière
(MARCHAL, 1971 b)

	Mn	Fe	Fe/Mn
Déficience en Mn avec symptômes	29 - 78	500- 863	Supérieur à 10,5
Risque de déficience en Mn sans symptôme	53 -130	280-1008	Entre 4 et 10,5
Absence de symptôme	38 -700	50- 590	Entre 0,4 et 4
Déficience en fer avec symptômes	190 -1300	60-475	Inférieur à 0,4

La comparaison des résultats obtenus, éventuellement complétés par des analyses de sol (pH, cations échangeables) permet en général d'établir un diagnostic.

Pour le fer et le manganèse certains caractères ont été mis en évidence et sont résumés dans le tableau 26.

I. 4.1.3.3.9. — *Schéma général de diagnostic*

En résumé, la nutrition de la plante est liée à sa croissance et inversement. Le diagnostic de cette dernière est la première étape indispensable pour le diagnostic nutritionnel.

La croissance peut se constater dans des mini-parcelles spécialement prévues à cet effet et appelées parcelles-log par les Hawaïens. On peut y relever le poids moyen des plants et des feuilles D. A défaut, on peut se contenter du poids des feuilles D prélevées en nombre suffisant (minimum 25 à 30) au hasard dans une zone homogène représentative de la moyenne de la parcelle.

L'interprétation des chiffres obtenus se fait le plus souvent en référence à l'expérience acquise dans le site considéré compte tenu des techniques culturales employées et des effets climatiques. Un modèle référentiel général de la croissance serait l'outil idéal, mais on a vu (cf. I. 4.1.1.) les difficultés dues au métabolisme de type crassulacéen facultatif.

Quoiqu'il en soit, il est indispensable d'examiner successivement tous les facteurs susceptibles d'exercer une action limitante. Au premier rang de ceux-ci figure l'examen du système racinaire sous un aspect global (résistance du plant à l'arrachement, pourcentage de pointes blanches), en rapport avec les techniques culturales (profil cultural) avec le climat (séquence des pluies) et avec le parasitisme (nématodes, symphytes, vers blancs, cochenilles, etc...).

La coloration des feuilles (et leur largeur) peut ensuite être constatée et interprétée en rapport avec la croissance des parties aériennes et souterraines. La coloration la plus favorable exprime l'optimum des glucides de la feuille en relation avec l'azote protéique.

Une étude approfondie sur le terrain doit donc précéder l'analyse de la feuille. L'échantillonnage de la feuille entière paraît préférable à la partie basale chlorophyllienne pourtant plus pratique pour deux raisons. Cet échantillon permet de :

- estimer les réserves du plant en azote pour assurer la croissance ;
- caractériser la nutrition en cations (somme et répartition) dont les niveaux critiques sont bien établis. Le potassium dont l'action sur la qualité est essentielle, doit être considéré en relation avec les facteurs climatiques.

Si cet échantillon, pas plus que la partie non chlorophyllienne, ne paraît pas spécialement bien adapté au diagnostic de certains oligo-éléments, les symptômes foliaires sont suffisamment évidents pour susciter une enquête complémentaire conçue à cet effet. Celle-ci a de plus, tout intérêt à être complétée par des analyses de sol, dont la périodicité (environ 2 ans) est indispensable pour contrôler le maintien de la fertilité chimique des sols.

I.4.1.4. — Le milieu physique et le fruit

Au cours de l'élaboration du fruit la plante intègre aussi bien les effets présents que passés du milieu physique. Le poids du fruit par exemple est déterminé en premier lieu par le nombre d'yeux différenciés au moment de la phase florale et dépend donc de la croissance végétative (cf. I.3.4.3) mais les conditions qui prévalent pendant la fructification conditionnent l'accroissement pondéral des yeux. Les facteurs du milieu interviennent directement sur le métabolisme propre du fruit ou par l'intermédiaire de celui des organes végétatifs. Ils ont des répercussions tant dans le domaine quantitatif — poids du fruit, durée du développement — que qualitatif.

Les effets sur la qualité du fruit sont très importants. Celle-ci est une composante essentielle de la production. Ce terme cependant recouvre des notions diverses, parfois mal définies et d'importance variable en fonction des facteurs économiques et humains. Certaines de ces notions concernent les caractéristiques organoleptiques des fruits (teneurs en sucres, acides et composition aromatique) ou leur aptitude à la commercialisation et à la transformation (aspect, coloration, fermeté, translucidité), d'autres concernent les accidents et anomalies qui peuvent les déprécier.

Les teneurs en sucres et en acides organiques sont des caractères prioritaires dans la détermination de la qualité organoleptique. Ils interviennent par leur valeur absolue mais aussi par leur rapport. Les fruits sont d'autant plus appréciés qu'ils sont sucrés et un indice réfractométrique supérieur à 16 est le premier facteur discriminant dans le classement des fruits consommés frais (CROCHON *et al.*, 1981). L'acidité par contre devra être comprise entre certaines limites : trop basse elle donne un fruit plat dont l'arôme est mal révélé, trop forte elle diminue la sensation des sucres et rend la consommation désagréable. Pour les ananas devant subir une réfrigération, il faut tenir compte du fait que celle-ci entraîne une augmentation de l'acidité (cf. I.3.5.5).

La perception gustative de ces deux caractères étant liée, leur rapport doit être pris en considération : celui de l'indice réfractométrique en % sur l'acidité en m.e.q. pour 100 ml de jus doit être

supérieur à 1 (CROCHON *et al.*, 1981) au moment de la consommation c'est-à-dire du fait de l'acidification au froid supérieur à 1,3 à la récolte si les fruits doivent être réfrigérés.

En dehors des facteurs génétiques et parasites la qualité du fruit dépend essentiellement des conditions climatiques et nutritionnelles.

I. 4.1.4.1. — LE CLIMAT ET LE FRUIT

Pendant la phase de fructification le climat intervient sur le métabolisme propre du fruit et sur celui des organes végétatifs : activité photosynthétique, mobilité de l'eau et des éléments élaborés.

L'activité des organes végétatifs conditionne essentiellement le remplissage des yeux et donc le poids du fruit à la récolte ainsi que la teneur en sucres. Les réserves des feuilles et de la tige peuvent pallier une activité photosynthétique insuffisante (SIDERIS et KRAUSS, 1933). Les taux de production d'hydrates de carbone et le métabolisme des acides organiques des diverses voies de fixation du CO₂ atmosphérique (cf. I. 3.2) sont très différentes et ont vraisemblablement une incidence sur la quantité et la qualité des éléments migrant des feuilles vers le fruit. Cet aspect de la physiologie de la plante est cependant très mal connu.

I. 4.1.4.1.1. — La température

La température agit en premier lieu sur la durée de la phase de fructification qui peut s'étaler de 150 à 300 jours (O'ROURKE et GROSSMAN, 1956 ; DODSON, 1968 ; GAILLARD, 1970 ; DALLDORF *et al.*, 1975).

La vitesse du développement de l'inflorescence diminue en période hivernale (Afrique du Sud, DALLDORF *et al.*, 1975) ou lorsque la latitude (Australie, GLENNIE, 1981 a) ou l'altitude (Cameroun, AUBERT *et al.*, 1973) s'accroissent. C'est dans les situations les plus équatoriales et en basse altitude que cet intervalle est le plus bref et le plus constant. En Côte-d'Ivoire, il est de 21 à 24,5 semaines. La durée des premiers stades est proportionnellement la plus variable (COMBRES, 1979 d) et la moitié de la variation saisonnière est acquise au moment de la floraison vraie qui se situe autour de la 9^e semaine. Cela semble valable également en fonction de la localisation puisqu'aux Hawaï le retard moyen par rapport à la Côte-d'Ivoire est de 4 semaines à la floraison vraie et de 9 semaines à la récolte (ROHRBACK et PFEIFFER, 1976 a).

La rapidité d'évolution au cours des premières phases du développement de l'inflorescence (cf. I. 3.4.2 et I. 3.5.1) est donc primordiale et l'action prioritaire de la température peut être rapprochée de son effet sur le rythme d'émission foliaire (cf. L 3.3.4).

Si l'alimentation hydrique n'est pas un facteur limitant les fruits

récoltés en période chaude sont très pleins et présentent des yeux plats alors que ceux récoltés en altitude ou en période fraîche ont tendance à être creux avec des yeux proéminents (COLLINS, 1960) (photo 30).

La richesse en sucres de la pulpe s'accroît avec la température (CHANDLER, 1958 ; COLLINS, 1960) et en particulier la température moyenne de l'air dans la semaine qui précède la récolte (NIGHTINGALE, 1942), période pendant laquelle l'accumulation de sucres dans le fruit est intense (cf. I. 3.5). Avec des températures élevées, et lorsque l'alimentation hydrique le permet, l'apport des métabolites au fruit peut être très intense et pourrait intervenir dans le phénomène du « jaune » (cf. I. 4.1.4.3).

La température est le facteur de loin le plus important dans la détermination de l'acidité du fruit qui peut varier dans des proportions plus larges que la teneur en sucres : de 5 à 20 m.e.q./10 ml de jus.

Les ananas produits en altitude (COLLINS, 1960 ; LACOEUILHE et GIQUIAUX, 1971 ; AUBERT *et al.*, 1973) ou en périodes fraîches (GREEN, 1963) sont les plus acides. Selon CHAN *et al.* (1973) les différences entre l'acidité titrable des fruits d'hiver et d'été sont dues essentiellement à l'acide citrique. La teneur en acide ascorbique, qui n'intervient pas dans l'acidité titrable mais est étroitement corrélée avec elle, subit les mêmes influences de la part de la température (HAMNER et NIGHTINGALE, 1946 ; TEISSON *et al.*, 1979 a).

HAMNER et NIGHTINGALE (1946), ainsi qu'HUET (1958) relient les variations de l'acidité à celle de la température de l'air, cependant la température maximale semble intervenir plus que la température minimale (TEISSON *et al.*, 1979 a). La régulation du niveau d'acides dans le fruit pourrait donc se faire surtout par des variations de leur consommation au cours de phénomènes respiratoires (cf. I. 3.5.5).

Dans ces conditions la température des tissus est plus importante à considérer que celle de l'air. La température de la pulpe peut atteindre des valeurs très élevées : 49° C pour une température de l'air de 31° C, selon VAN LELYVELD (1957 a) et 54,5° C pour une température ambiante de 23° C selon NIGHTINGALE (1942). Le rayonnement solaire reçu par le fruit joue un rôle primordial et la température superficielle peut présenter des écarts de 13° C entre la face du fruit au soleil et celle à l'ombre (TEISSON, 1973 d). Cet échauffement est favorisé par la couleur sombre de l'épiderme. Il peut être limité par le vent qui assure une ventilation du fruit d'autant plus importante que le pédoncule est haut mais ce caractère présente, par ailleurs, des inconvénients (cf. I. 4.1.4.3). La fréquence des vents dans les zones insulaires pourrait partiellement expliquer la bonne qualité des fruits qui y sont produits.

La température du fruit agit aussi directement sur la dégradation

de la chlorophylle. Des températures fraîches favorisent l'apparition des caroténoïdes alors qu'avec des températures élevées cette apparition est lente et hétérogène. Le stade de récolte étant déterminé habituellement par la coloration de l'épiderme, cette incidence accroît l'effet apparent sur le remplissage : avec des températures fraîches, non seulement les fruits se remplissent mal, mais ils peuvent être récoltés trop tôt. Avec des températures élevées, au contraire, la maturité intérieure sera plus avancée que ne le laisse supposer la coloration externe (photos 45 et 46). La coloration de la pulpe, due à une synthèse des caroténoïdes, est au contraire facilitée par des températures élevées. En altitude par exemple la pulpe reste blanche.

Enfin, une température élevée favorise la richesse aromatique des fruits (HAAGENS MIT *et al.*, 1945 ; SILVERSTEIN, 1971), mais aussi la translucidité et la fragilité de la chair (PY et TISSEAU M. A., 1965).

I. 4.1.4.1.2. — *L'alimentation hydrique*

Une alimentation hydrique correcte pendant la phase de fructification permet une photosynthèse élevée et améliore la mobilité des sucres (SIDERIS et KRAUSS, 1933). Elle joue un rôle important dans la détermination du remplissage et du poids du fruit (SU, 1961).

Des plants ayant reçu une irrigation comparable en période végétative mais dont les besoins en eau, déduits de la variation du stock d'eau du sol, sont couverts différemment de la floraison vraie à la récolte, produisent des fruits de poids nettement différents même en période de déficit hydrique faible (COMBRES, 1980) (Tab. 27).

TABLEAU 27

Effets sur le poids du fruit de différentes couvertures des besoins en eau pendant la phase de fructification

% de couverture des besoins de la floraison vraie à la récolte	20	60	100	140
Poids moyen du fruit, en g	1021	1214	1233	1126

Un déficit hydrique réduit paraît moins défavorable qu'un excès d'eau. Le recours au métabolisme crassulacéen et aux réserves du plant dans un cas et la sensibilité des racines à l'excès d'eau dans l'autre peuvent expliquer cet effet.

En cas de sécheresse sévère l'incidence sur le remplissage — et donc sur le poids — est telle que les fruits peuvent présenter à la

récolte des yeux proéminents comme dans le cas d'attaque de wilt. L'épiderme, d'un aspect terne, porte des microcraquelures subérisées et les couronnes sont en mauvais état ; l'irrigation améliore alors tous ces caractères et en particulier donne au fruit un aspect brillant (COMBRES, 1981).

L'action de l'alimentation hydrique peut se faire également par l'intermédiaire de l'état du pédoncule. Un mauvais état du système racinaire ou une sécheresse intense peuvent entraîner un flétrissement trop précoce du pédoncule et une diminution du flux des éléments élaborés en direction du fruit.

Contrairement à ce qui se passe pour d'autres fruits un déficit hydrique à l'approche de la récolte n'accroît pas la teneur en sucres (LINFORD et MAGISTAD, 1933) mais peut, au contraire, la diminuer s'il est trop important (TISSEAU R., 1963). A l'inverse, une reprise des pluies après une saison sèche marquée a tendance à l'augmenter (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961).

L'alimentation hydrique intervient plus dans la détermination de l'acidité titrable (GREEN, 1963) qui est faible en cas de déficit hydrique (PY et TISSEAU, 1965) et peut alors être accrue par l'irrigation (COMBRES, 1976 et 1980).

L'influence prépondérante de l'alimentation hydrique sur le métabolisme carboné de l'ananas et donc sur celui des acides organiques (cf. I. 3.2) peut laisser penser que son action sur la qualité du fruit se fait par cet intermédiaire.

Un excès d'eau accroît la fragilité de la pulpe (GREEN, 1963). Il peut entraîner des lésions cellulaires et le phénomène du « jaune » (GINSBURG, 1953 ; GROSZMANN, 1948 ; HUET, 1953) (cf. I. 4.1.4.3). Les fruits récoltés en période pluvieuse se conservent moins bien (COLLINS, 1960).

L'alimentation hydrique intervient aussi dans de nombreuses attaques parasitaires (cf. I. 4.2.1.2).

I. 4.1.4.1.3. *Le rayonnement solaire*

L'action de l'éclairement sur le poids et la qualité du fruit, mise en évidence dès 1936 par SIDERIS *et al.*, est très importante (cf. I. 4.1.4.1.3).

Un ombrage de la plante et du fruit dans le mois précédent la récolte entraîne, en fonction de son intensité, des modifications plus ou moins marquées sur les caractéristiques du fruit : tableau 28 (TEISSON, 1979 d).

Les effets sur le poids du fruit et la teneur en sucres peuvent être imputés à une diminution de la photosynthèse, ceux sur l'acidité à la température du fruit. Une réduction de l'éclairement de 66 % de la floraison vraie à la récolte, en période d'ensoleillement élevée, a fait

TABLEAU 28

**Effets sur quelques caractéristiques de fruit
de différents ombrages dans le mois précédent la récolte**

	Témoin	ombrage léger	ombrage intense
Poids du fruit en g	1520	1430	1230
Brix en %	16,9	16,0	14,1
Sucres en %(1)	15,0	13,7	10,9
Acidité titra- ble m.e.q. %ml	9,9	12,0	16,7

(1) Estimés d'après la formule :

$$\text{sucres en \%} = \text{Brix} - 0,152 - \text{acidité m.e.q. \%}$$

passer en Côte-d'Ivoire l'acidité libre de 6,3 à 15,5 m.e.q. % et l'acide ascorbique de 364 à 636 μ M (COMBRES, 1976). SINGLETON et GORTNER (1965) ont trouvé une relation directe entre le rayonnement global, deux à trois semaines avant la récolte, et la teneur en acide ascorbique. De même GORTNER (1962 a) attribue en fait à ce même rayonnement la liaison qu'il observe entre l'acide malique du fruit au cours de son développement et l'évaporation. La réaction de la plante a lieu alors avec un certain temps de latence qui peut rappeler celui nécessaire à une modification du métabolisme carboné de la plante (cf. I. 3.2).

En Côte-d'Ivoire, l'acidité titrable peut varier du simple au double ; le maximum est atteint pendant les mois ensoleillés et certaines variations sont mieux liées au rayonnement global qu'à la température maximale de l'air (Fig. 59).

Un ombrage partiel des feuilles peut avoir plus d'incidence sur la teneur en sucres que sur le poids du fruit (LACOEUILHE, 1976 b). La diminution de cette teneur, provoquée par des augmentations de la densité de plantation, aurait pour origine une baisse de l'éclairement de chaque plant (BARTHOLOMEW et KADZIMIN, 1977). A l'inverse certains considèrent (SANFORD, 1979) que la plus grande richesse des fruits de deuxième récolte est due à l'importance du système foliaire actif qui comprend celui du rejet et une partie de celui de la plante mère.

En diminuant la température du fruit un ombrage généralisé peut

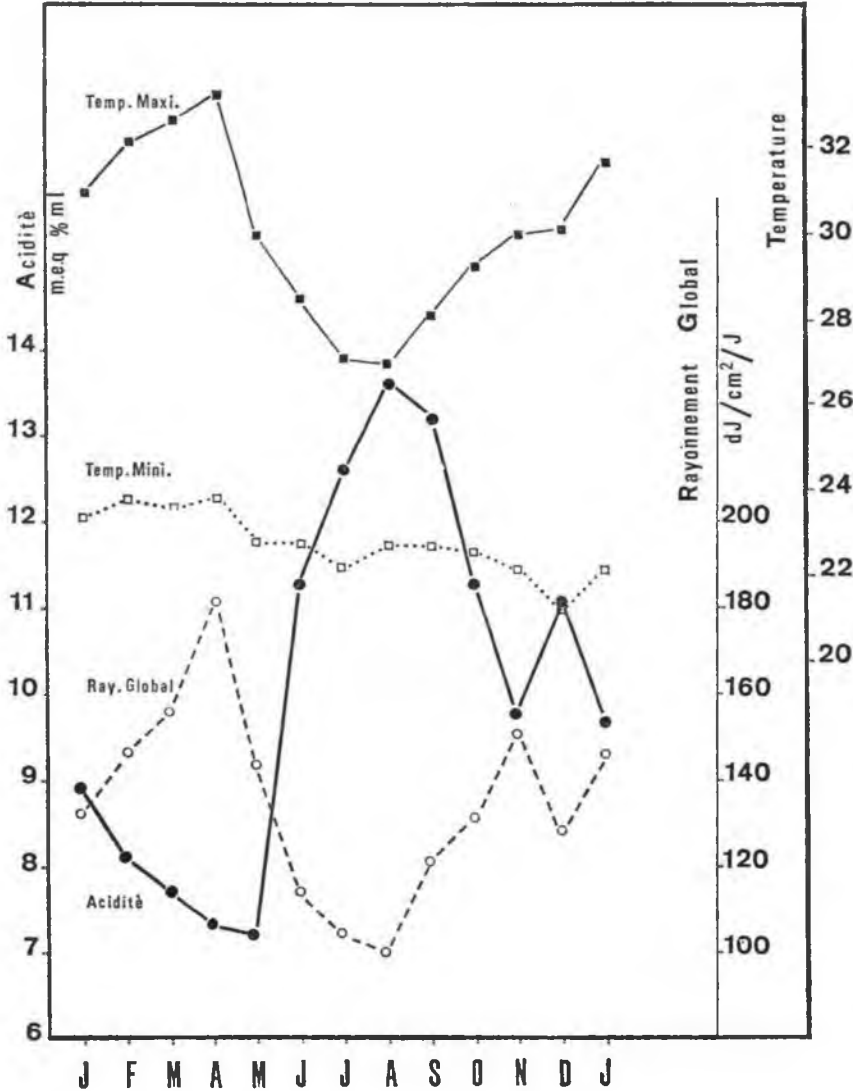


FIG. 59. — Variations de l'acidité titrable du jus en fonction du mois de récolte. Côte-d'Ivoire (PINON et COMBRES, 1981).

accélérer la coloration de l'épiderme (TEISSON, 1979 d) par suite de la disparition plus précoce de la chlorophylle. Cependant on considère, en règle générale, qu'un éclaircissement élevé donne au fruit un aspect brillant très recherché. En zone équatoriale où la température est élevée et l'ensoleillement réduit la coloration des fruits sera particulièrement médiocre.

I.4.1.4.2. — LA NUTRITION MINÉRALE ET LE FRUIT

L'absorption des éléments minéraux, mise à part celle du potassium, et à moins d'apports particuliers, cesse pendant la phase de fructification (cf. I.4.1.3.1). C'est donc surtout par l'intermédiaire de l'état nutritif de la plante au moment de la différenciation florale que la nutrition minérale exerce son action sur le fruit.

L'azote et le potassium sont les éléments les plus importants et doivent être pris en considération l'un par rapport à l'autre et en tenant compte des facteurs climatiques. Leur importance peut être mise en évidence par le tableau 29 où sont mis en parallèle la composition minérale de la feuille au moment de la différenciation florale et quelques caractères du fruit d'ananas provenant de parcelles situées sur un sol ferrallitique fortement désaturé et mises en cultures pendant 15 ans avec ou sans fumure minérale (LACOEUILHE *et al.*, 1978).

TABLEAU 29

**Effets sur la composition minérale de la feuille
et sur quelques caractéristiques du fruit de la fumure minérale
(Côte-d'Ivoire)**

	Fumure nulle	Fumure minérale
<u>Composition feuille</u>		
N	0,86	1,38
P	0,178	0,146
K	1,41	3,74
Ca	0,276	0,167
Mg	0,245	0,206
<u>Caractéristiques du fruit</u>		
Poids	667	1919
Extrait sec	14,1	14,9
Acidité	5,3	7,1

Mise à part la diminution du poids du fruit due à une réduction de la croissance du plant, l'absence de fumure, dont les effets les plus importants sur la composition minérale de la feuille concernent l'azote et le potassium, entraîne une baisse de l'extrait sec et de l'acidité de la pulpe et surtout une perte totale de saveur.

Les derniers apports d'engrais réalisés juste avant la différenciation florale jouent un rôle primordial (LACOEUILHE, 1978 a). Le tableau 30 compare des ananas recevant une fumure azotée et potassique plus ou moins forte, répartie tout au long du cycle végétatif, ou arrêtée 4 mois avant l'induction florale au cours d'un cycle plus long pour compenser les effets d'un tel arrêt sur le poids du fruit (TEISSON, 1973 e).

TABLEAU 30

**Effets d'une fumure azotée et potassique plus ou moins forte
ou arrêtée précocement**

Feuille D au TIF	Cycle court		Cycle long
	Fumure de base	Fumure forte	Fumure de base. Arrêt précocement
Poids en g	49	57	78
N % m.s.	1,72	2,00	0,96
K % m.s.	3,71	4,15	2,18
Poids du fruit	1313	1501	1417
Hauteur du pédoncule	34,6	37,6	37,9

Avec un état nutritif médiocre au moment de l'induction florale le fruit est d'un poids faible par rapport à celui des organes végétatifs et il est porté par un pédoncule long.

I. 4.1.4.2.1. — L'azote

La nutrition azotée détermine en priorité la croissance du plant (cf. I. 4.1.3.1) et donc le poids du fruit. Les autres effets sont parfois difficilement dissociables de cet effet primaire.

Le diamètre du cœur et du pédoncule augmentent avec les apports d'azote. Il en est de même de la hauteur du pédoncule ce qui accroît les risques de verse et donc de coups de soleil (PY et TISSEAU, 1965). L'adjonction d'urée à certain produit florigène (cf. II. 10) peut avoir une incidence très forte sur ce dernier caractère.

Un excès d'azote peut accroître le nombre de doubles couronnes et le pourcentage de fruits à « collar of slips » (GANAPATHY *et al.*, 1977 ; GONZALES TEJERA et GANDIA DIAZ, 1976).

L'incidence la plus nette sur la qualité du fruit de l'accroissement de la nutrition azotée est la diminution de l'acidité titrable observée par de nombreux auteurs (CANNON, 1957 a ; PY *et al.*, 1957 ; DODSON,

1968 ; GAILLARD, 1970 ; LACOEUILHE, 1973 c ; SINGH *et al.*, 1977 ; KWONG *et al.*, 1966 ; MARCHAL *et al.*, 1980). Une baisse de l'extrait sec a pu être notée quelquefois (MONTENEGRO *et al.*, 1967 ; ABUTIATE et EYSESON, 1973 ; SINGH *et al.*, 1977) mais dans certains cas au moins cet effet peut être partiellement imputable à une dilution du potassium dans la feuille consécutive à un développement accru de la plante (cf. Tab. 31) (MARCHAL, 1973). Ces effets se conjuguent avec ceux du climat et pour que l'acidité du fruit ne soit pas trop basse la nutrition azotée devra être d'autant plus faible que le climat est plus chaud, plus humide et moins ensoleillé.

TABLEAU 31

**Effets de l'azote sur les caractéristiques du fruit
et de la feuille D à l'évolution florale**

Doses d'azote/Plant	2	4	6	8
Poids moyen g	1396	1641	1682	1820
Hauteur pédoncule cm	38,3	39,7	39,9	40,2
Diamètre coeur mm	25,9	26,8	27,4	28,1
Acidité m.e.q. %	14,5	14,1	14,1	13,2
Extrait sec Brix %	16,7	16,5	16,0	15,6
F.D.				
Poids g	87	94	101	100
N % pds sec	1,33	1,56	1,76	1,89
K % pds sec	4,97	4,37	4,43	3,94

Un excès d'azote accroît également la fragilité de la chair ainsi que sa translucidité et peut, si les conditions climatiques y sont favorables, accroître les risques d'apparition de l'anomalie du « jaune » (TEISSON, 1973 e ; LACOEUILHE, 1978 a) (cf. I. 4.1.4.3).

Les apports d'engrais azotés après la différenciation florale n'ont d'effet que s'ils sont appliqués dans les deux mois suivants : ils peuvent légèrement augmenter le poids du fruit surtout si la nutrition en phase végétative a été insuffisante mais ils diminuent l'acidité du fruit (TEISSON, 1973 e).

La forme d'apport de l'azote intervient peu sur la qualité du fruit, le nitrate cependant a tendance à diminuer l'acidité et à avancer la récolte (LACOEUILHE, 1973 c).

I. 4.1.4.2.2. — *Le potassium*

Les seuls titres de certains articles traduisent l'importance de la nutrition potassique pour la qualité de l'ananas : CANNON, 1957 b et SANFORD, 1968.

Une augmentation du niveau de potassium dans la plante entraîne :

— une amélioration du parfum et de la saveur des fruits (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961),

— une augmentation du diamètre du pédoncule, ce qui accroît la résistance à la verse, mais aussi du cœur du fruit, ce qui diminue le rendement en tranches (TISSEAU et TISSEAU, 1971 ; LACOEUILHE, 1973 d),

— une moins bonne coloration de la pulpe qui reste blanche mais une meilleure coloration de la peau (PY *et al.*, 1957 ; TEISSON et PINON, 1979),

— une fermeté plus importante de la chair (PY et TISSEAU, 1965).

Ses effets les plus importants et les plus étudiés s'exercent sur l'extrait sec et l'acidité des fruits qui augmentent avec les doses de potasse appliquées à la plante (cf. fig. 53) (LACOEUILHE, 1978 a ; CANNON, 1957 b ; PY *et al.*, 1957 ; MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961 ; TAY *et al.*, 1968 ; GAILLARD, 1970 ; LACOEUILHE et GICQUIAUX, 1971 ; LACOEUILHE, 1978 a ; MARCHAL *et al.*, 1980).

L'accroissement de l'extrait sec peut être mis sur le compte d'une amélioration du transport des substances élaborées (BERINGER, 1978) et de la photosynthèse par action sur la régulation stomatique (cf. I. 4.1.3.1.7) : l'apport de potassium accroît effectivement le taux de saccharose dans la feuille d'ananas (SIDERIS et YOUNG, 1945).

Les effets sur l'acidité libre sont plus spectaculaires et lorsque l'alimentation potassique est faible un doublement de la teneur en

TABLEAU 32

Effets sur la composition minérale de la feuille
et l'acidité du fruit de différentes doses de potassium

Dose K ₂ O par plant g	% M.S.		Acidité : m.e.q. %
	K	N	
0	1,7	1,5	5,9
4	2,7	1,5	8,6
8	3,3	1,4	10,6

potassium de la feuille (Tab. 32) s'accompagne presque d'un doublement de l'acidité titrable (GAILLARD, 1970).

L'augmentation de l'acidité peut se poursuivre jusqu'à des teneurs en potassium de la feuille proche de 5 % de m.s. (MARCHAL, 1979 ; TEISSON et PINON, 1979). Les apports d'engrais potassiques juste avant la différenciation florale sont ceux qui présentent les effets les plus marqués (LACOEUILHE, 1978 a) ; ceux réalisés en phase de fructification ont des effets moins nets et moins constants mais non négligeables (TISSEAU M. A. et TISSEAU R., 1971 ; TEISSON *et al.*, 1979 b).

L'acide ascorbique lié étroitement à l'acidité titrable subit les mêmes influences de la part du potassium (SU, 1959). L'amélioration de l'alimentation potassique est une des techniques les plus efficaces pour limiter le brunissement interne (B.I.) (TEISSON *et al.*, 1979 b).

Le potassium apparaît comme l'élément clé de la composition du fruit et la fumure potassique devra être établie en tenant compte des autres facteurs qui interviennent et, en particulier, les conditions climatiques et la nutrition azotée.

L'extrait sec, et surtout l'acidité, étant presque toujours augmentés par une élévation de la nutrition potassique il n'existe pas pour la qualité du fruit de niveau critique dans la feuille D. On est conduit à établir à la place un niveau optimal en fonction de la localisation et de la saison. En attendant une meilleure compréhension du métabolisme carboné et de ses incidences notamment durant la phase de fructification, on est contraint à un certain empirisme. Plus les conditions sont favorables à l'acidité du fruit (température et ensoleillement faibles pendant les deux mois précédant la récolte), plus la nutrition potassique doit être faible, et inversement. Celle-ci doit, d'autre part, être d'autant plus élevée que la nutrition azotée est elle-même élevée au moment de l'induction florale.

L'action du potassium et des cations sur le rendement converge avec la meilleure qualité (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961). Les niveaux foliaires du potassium doivent toujours être supérieurs au niveau critique du rendement pour assurer la meilleure qualité du fruit : parfum, saveur, résistance au tranchage et au transport. Cependant, les conditions climatiques chaudes et humides les plus favorables à des rendements élevés avec des cycles courts sont celles où la nutrition potassique, en particulier dans ses rapports avec l'azote, doit être contrôlée avec le plus de vigilance pour obtenir des fruits de bonne qualité commerciale. Dans ce cas, le rapport K/N dans la feuille D au moment de l'induction florale doit être élevé et égal au moins à 3 (rapport des teneurs exprimées par rapport à la matière sèche).

Une nutrition azotée excessive ayant d'importants effets dépressifs sur la qualité du fruit, on considère souvent que la valeur de ce rapport doit croître avec N.

I. 4.1.4.2.3. — *Autres éléments*

Les apports de phosphore peuvent entraîner une diminution de la teneur en sucres et de l'acidité (TAY *et al.*, 1968). Ils peuvent être par ailleurs nuisibles à la saveur des fruits (LIN CHIN *et al.*, 1964). Cependant, le phosphore intervenant dans l'assimilation du potassium, des applications d'engrais phosphorés sur un sol carencé en cet élément provoque des effets inverses (MARCHAL, 1971 a).

Une élévation de la teneur en acide ascorbique par une amélioration de la fumure phosphorée a également été observée (SU, 1969).

L'ion sulfate tend à diminuer légèrement l'acidité des fruits contrairement à l'ion chlorure (LACOEUILHE, 1978 a ; MARCHAL *et al.*, 1980). Ce dernier entraîne souvent un effet dépressif sur la qualité du fruit (SU et LI, 1962) et, en particulier, sur le remplissage des yeux, la précocité de la floraison, de la récolte (SU, 1961 ; KWONG *et al.*, 1966) ainsi que sur la coloration de la pulpe (SAMUELS et GANDIA DIAZ, 1960). Ces effets ne sont cependant pas toujours observés (LANGENEGGER et PURDON, 1977) en particulier si le chlorure n'est apporté qu'en début de cycle (LACOEUILHE, 1978 a) et il pourrait exister une teneur limite acceptable d'environ 1,7 % de la m.s. de la F.D. (MARCHAL *et al.*, 1980).

Calcium et magnésium peuvent avoir, sur l'arôme des fruits par exemple, des incidences comparables à celles du potassium qu'ils peuvent partiellement remplacer. Des effets opposés, sur la teneur en sucre par exemple, peuvent aussi être observés sans doute à la suite d'un phénomène d'antagonisme (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961). Une forte alimentation en calcium peut également diminuer l'incidence des taches noires, peut-être par action sur les parois cellulaires (GUEROUT, 1974). Une carence en magnésium a un effet dépressif très net sur la teneur en sucres de la pulpe (TISSEAU R., 1967). L'action favorable du magnésium sur la coloration du fruit est plus importante que celle du calcium.

Les oligo-éléments ne semblent pas avoir d'incidence importante sur le fruit en dehors des situations carencielles. Aux Hawaï où l'absorption du fer du sol est limitée, des pulvérisations de sulfate de fer pourraient accroître la translucidité du fruit (LINDFORD, 1934 b).

I. 4.1.4.3. — ACCIDENTS ET ANOMALIES NON PARASITAIRES

Les problèmes liés aux actions des parasites et ravageurs sont exposés dans le chapitre I. 4.2 et seuls seront considérés ici ceux qui dans les connaissances actuelles ont une origine physique ou physiologique.

I. 4.1.4.3.1. — *Coups de soleil*

L'échauffement important du fruit lié à sa couleur sombre et à la configuration de la plante peut provoquer des coups de soleil dès

que le rayonnement direct est élevé. Ces coups de soleil lorsqu'ils sont légers se traduisent par une simple décoloration de l'épiderme et de la pulpe sous jacente qui devient plus fragile (photos 27, 28 et 29). Plus intenses ils provoquent un brunissement de l'épiderme et une altération de la pulpe qui devient translucide. Les coups de soleil précoces entraînent une déformation du fruit. Au cours de la conservation des fruits atteints, des crevasses internes peuvent apparaître (GREEN, 1963).

Les coups de soleil sont plus importants sur les fruits versés qui reçoivent perpendiculairement les rayons solaires sur une plus grande surface. La verse du fruit est plus fréquente lorsque le pédoncule est trop long. L'allongement excessif du pédoncule peut être dû à un excès d'azote au moment de la différenciation florale. Les coups de soleil sont également favorisés par un système foliaire peu développé et une absence de vents.

I. 4.1.4.3.2. — *Craquelures externes et internes*

Des craquelures épidermiques peuvent survenir à la suite de variations brutales de l'hygrométrie atmosphérique au moment de la floraison (PY et TISSEAU, 1965) ou de vents froids (GROSZMANN, 1948) ainsi qu'à la suite d'un déficit hydrique important (COMBRES, 1981). De profondes crevasses qui pourraient dans certains cas être provoquées par une déficience grave dans l'alimentation hydrique (LINFORD et SPIEGELBER, 1933) peuvent apparaître dans le cœur du fruit (photo 31).

I. 4.1.4.3.3. — *Anomalies sur couronnes*

La multiplication des couronnes qui peut aller de la couronne double à la fasciation de l'inflorescence (photos 6 et 7) est sous la dépendance de facteurs génétiques (cf. I. 2.1.3) et des conditions du milieu. Elle entraîne un élargissement du cœur et un aplatissement du fruit qui est ainsi fortement déprécié sauf dans le cas des couronnes doubles. Elle est due à un accident morphogénétique lors de la différenciation florale. Des températures excessives à ce moment en seraient la cause (SANFORD, 1979) et les couronnes multiples sont plus fréquentes avec des densités faibles (LINFORD et MEHRlich, 1934) et lorsque l'initiation florale a lieu en période sèche et ensoleillée (COMBRES, 1981). Dans ce dernier cas une irrigation réduit le pourcentage de fruits atteints.

Une croissance vigoureuse et donc une fumure abondante ou la plantation sur des terrains neufs favorisent l'apparition de couronnes multiples (LINFORD et SPIEGELBERG, 1933).

L'absence totale de couronne associée ou non à une déformation du fruit peut également survenir.



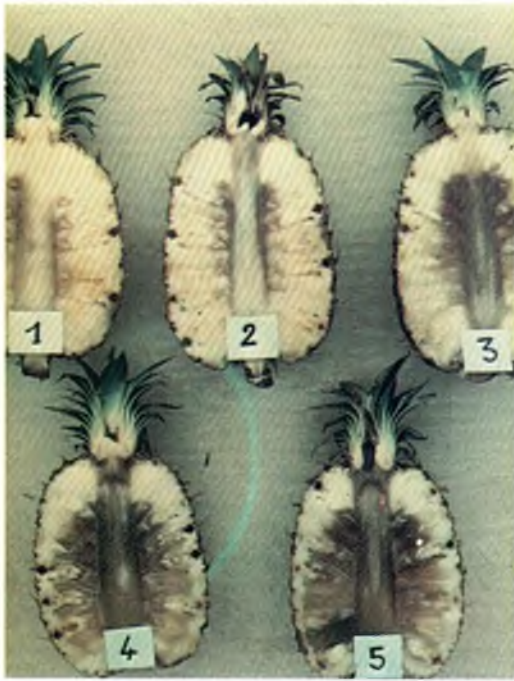
PHOTO 40. — Déficience en zinc entraînant une courbure des plants (« crook neck »).
(Cliché Lacoëuilhe).



PHOTO 41. — Déficience en manganèse.
(Cliché Lacoëuilhe).



PHOTO 42. — Excès de chlorure de sodium dus à des embruns marins.
(Cliché Py).



PHOTOS 43 et 44. — Brunissement interne de l'ananas :
- échelle d'intensité ;
- détail de la chair d'un fruit gravement atteint.

(Cliché Teisson).



PHOTO 45. — Aspects typiques d'un fruit atteint de « Jaune » : la chair est déjà surmûre alors que la peau n'est que très faiblement colorée.

(Cliché Py).



PHOTO 46. — Fruit de gauche (17) : la chair présente toutes les caractéristiques de la surmaturité (fruit dit '4/4 jaune'). — Fruit de droite : la chair est opaque - ce type de fruit convient particulièrement bien pour l'exportation en frais.

(Cliché Tisseau).

Pourritures dues à *Phytophthora* spp.



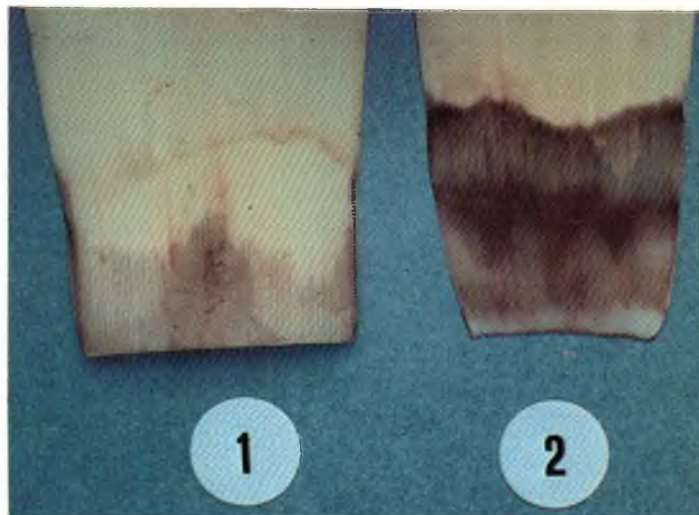
PHOTO 47. — Plantation dévastée par le *Phytophthora*.
(Cliché Giacomelli).

PHOTO 48. — Aspect d'un jeune plant atteint de la pourriture du cœur. (Cliché Py).



PHOTO 49. — Manifestations d'une infestation contrôlée de *P. parasitica* sur feuilles. Stade jeune et stade évolué sur base non chlorophyllienne de jeunes feuilles.

(Cliché Mourichon).



Pourriture noire du fruit, pourriture de la base du rejet
(Ceratocystis paradoxa) (Thielaviopsis)

PHOTO 50. — Pourriture ayant débuté par la section du péduncule fructifère.
 (Cliché Giacomelli).

PHOTO 51. — Début d'altération à partir d'un œil de la base du fruit.
 (Cliché Teisson).



PHOTO 52. — Reprise de croissance d'un rejet atteint par la maladie après cicatrisation de la zone altérée.
 (Cliché Hayot).



PHOTO 53. — Altérations sur feuille après rupture mécanique de l'épiderme.
 (Cliché Lacoëuilhe).

I. 4.1.4.3.4. — *Jaune*

Les fruits atteints de « jaune » se caractérisent par une chair jaune et translucide (photos 45 et 46) mais une peau verte d'où la dénomination « green-ripe » des anglosaxons. En première approximation le jaune peut être considéré comme le terme extrême d'une disjonction entre maturité interne et externe. Les fruits atteints sont peu acides mais riches en sucres totaux et contiennent des quantités non négligeables d'alcool produit peut-être par un développement de levures. La très grande fragilité mécanique de ces fruits les rend impropres aussi bien à l'exportation en frais qu'à la transformation en usine. La translucidité de ces fruits n'a donc pas exactement les mêmes corollaires que celle liée à une maturation avancée du fruit qui dans certaines conditions au moins — Iles Hawaii — n'empêche pas la production de tranches entières.

Le jaune apparaît surtout dans les gros fruits et en période chaude (GREEN, 1963); il débute souvent du côté du fruit exposé au soleil et un ombrage intense le fait pratiquement disparaître (TEISSON, 1979 d).

En Guinée son apparition est liée surtout à la reprise des pluies après une saison sèche (HUET, 1953).

Le jaune semble être favorisé par un rapport K/N dans la plante trop faible ce d'autant plus que la teneur en azote est élevée (LACOEUILHE, 1978 a). Ce facteur n'interviendrait que dans la sensibilisation des fruits et ne suffit pas à induire l'anomalie (PINON, 1980).

Le jaune pourrait être dû à des lésions des parois cellulaires provoquées par des températures excessives et/ou un apport trop abondant de sève élaborée induit par une amélioration brutale de l'alimentation hydrique en période de très forte activité photosynthétique. SIDERIS et KRAUSS (1933) relie d'ailleurs la translucidité et la migration d'eau et de sucres vers le fruit et LINFORD et SPIEGELBERG (1933) indiquent qu'un afflux trop important de sève peut être à l'origine des profondes crevasses de la pulpe observables parfois dans les fruits très translucides. Ces lésions cellulaires pourraient provoquer l'envahissement des espaces intercellulaires par du cytoplasme qui en prenant la place de l'air fait disparaître l'opacité de la pulpe. Dans le cas des fruits translucides mais de bonne tenue mécanique l'air des espaces intercellulaires pourrait être simplement chassé par action mécanique due au gonflement des cellules sans éclatement des parois.

L'envahissement des méats par du jus peut expliquer la densité élevée des fruits atteints de jaune. Il existe d'ailleurs une liaison entre la densité du fruit et l'intensité de l'anomalie (SOLER, 1982). Les fruits atteints de jaune ont, contrairement aux fruits qui en sont exempts, une densité supérieure à 1. Le passage dans un bac de flottaison peut être utilisé dans les stations de conditionnement pour éliminer ces fruits.

I.4.1.4.3.5. — BRUNISSEMENT INTERNE (B.I.)

Le brunissement interne ou « endogenous brown spot » débute au point d'attache sur le cylindre central des yeux du haut du fruit sous la forme de lentilles grisâtres ; puis les zones atteintes brunissent et progressent le long du cœur, elles peuvent finir par envahir toute la pulpe (photos 43 et 44).

Cette anomalie est induite par les basses températures mais les symptômes se développent d'autant plus vite que la température est élevée (TEISSON *et al.*, 1979 a). Elle est donc favorisée par une alternance thermique.

Lorsque le BI apparaît dans les fruits sur pied l'induction a lieu par les basses températures nocturnes hivernales et le développement des symptômes pendant le réchauffement diurne. Le brunissement interne au champ a été observé aux Hawaii (LINFORD, 1932 a) au Mexique (IVANOFF, 1946) en Australie (LEVERINGTON, 1969) en Afrique du Sud (VAN LELYVELD et DE BRUYN, 1976 et 1977), à Formose (SHON KUNG SUN, 1971). Une température d'environ 12° C est considérée comme la limite supérieure induisant cette anomalie (LEVERINGTON, 1969 ; GROSZMAN, 1971 ; SHON KUNG SUN, 1971). Lorsque dans la zone de production les températures nocturnes restent trop élevées, comme en Côte-d'Ivoire, cette anomalie ne survient que sur les fruits exportés qui sont réfrigérés puis reexposés à température ambiante (TISSEAU, M. A. et R., 1971).

Du fait de son importance économique le brunissement interne a été particulièrement étudié au champ en Afrique du Sud (VAN LELYVELD et DE BRUYN, 1976 et 1977) ou après récolte en Côte-d'Ivoire (TEISSON, 1977). Ces auteurs, à la suite de MILLER et HEILMAN (1952) relient l'importance des désordres à une teneur en acide ascorbique insuffisante pour contrecarrer des oxydations phénoliques. Ces oxydations ne sont pas dues à une véritable polyphénoloxydase mais à des peroxydases fonctionnant en oxydases (TEISSON, 1977), qui apparaissent après la mise au froid du fruit. La réfrigération induit aussi des modifications dans les composés phénoliques (DIEUDONNÉ, 1977) en particulier au niveau d'un composé proche de l'acide chlorogénique impliqué dans le brunissement de nombreux fruits. Les composés phénoliques peuvent agir en tant que substrats, cofacteurs ou inhibiteurs de l'activité enzymatique. Les brunissements des fruits sont dus en général à des polyphénoloxydases et l'intervention dans le cas de l'ananas de peroxydases agissant en oxydase est remarquable. Elle explique la relative lenteur des brunissements et peut être rapprochée des problèmes de régulation auxinique dans l'apex en liaison avec la floraison (cf. I. 3.4.1.3) puisque la dégradation oxydative de l'AIA est due au même type de réaction (RICARD et NARI, 1966).

La concentration en acide ascorbique joue un rôle primordial et lorsqu'elle est suffisamment élevée elle peut empêcher le développement des symptômes dans des délais normaux de commercialisation. Cette teneur étant liée à l'acidité titrable de la pulpe (cf. I. 4.1.4.1.1) le BI induit par un transport réfrigéré est plus intense dans les fruits récoltés en période chaude et sèche.

Dans ces conditions tout facteur tendant à accroître l'acidité des fruits et en particulier l'augmentation de la nutrition potassique (LACOEUILHE, 1978 a ; TEISSON *et al.*, 1979 b) peut diminuer l'incidence du brunissement interne. Le recours à des variétés riches en acide ascorbique est un autre moyen d'action possible, la Cayenne Lisse étant un des cultivars à teneurs en vitamine C les plus faibles. Les peroxydases responsables des oxydations phénoliques sont très thermolabiles surtout *in vivo* (TEISSON, 1977) et un réchauffement des fruits pendant 24 h à 37° C peut réduire les symptômes ultérieurs (AKAMINE *et al.*, 1975). Cette technique est difficile d'emploi et accélère par ailleurs le vieillissement du fruit, elle n'est donc pas utilisée. De même la conservation des fruits en atmosphère confinée et donc appauvrie en oxygène empêche toute oxydation et tout développement des symptômes mais provoque une altération considérable de la saveur du fruit et les développements des moisissures superficielles ; elle ne peut donc pas être pratiquée.

L'enrobage dans une cire alimentaire pour diminuer les échanges gazeux ne présente pas ces inconvénients et cette technique est parfois utilisée (TEISSON, 1979 f ; ROHRBACH et PAULL, 1982) pour limiter l'évolution des symptômes, bien que cette action ne soit pas toujours évidente lorsque le brunissement interne est faible (TISSEAU et SOLER, 1982).

I. 4.2. — LA PLANTE ET LE MILIEU BIOLOGIQUE

- *Maladies*
- *Ravageurs* et leurs dommages
- *Adventices* et les effets de leur concurrence

(Lutte contre cf. Protection Phytosanitaire II.9, p. 341-376)

Ce deuxième volet de l'Écologie étudie essentiellement les rapports entre la plante et chacun des composants du milieu biologique ayant une incidence dépressive sur la plante, donc les *maladies*, les

affections dues aux *ravageurs*, la concurrence due aux *adventices*. Pour des raisons de simplification on n'abordera pas les éléments du milieu ayant une *incidence favorable* tels que les mycorhizes, traités dans le chapitre consacré aux Principales Caractéristiques Botaniques de la Plante (I. 3.1), mais par contre dans le paragraphe consacré aux nématodes (I. 4.2.3.1.1) il sera fait allusion aux micro-organismes du sol intervenant dans l'évolution de la matière organique.

Pour plus de clarté on a distingué :

- Maladies dues à des champignons, bactéries et levures (I. 4.2.1).
- Maladies dues à des virus ou des toxines (I. 4.2.2).
- Ravageurs principaux (I. 4.2.3).
- Ravageurs secondaires (I. 4.2.4).
- Adventices (I. 4.2.5)

et pour ces divers sous-chapitres on a subdivisé en fonction de la partie de la plante affectée.

Pour chacun des « éléments perturbateurs » on a précisé successivement l'incidence économique de leur présence et les principaux symptômes des altérations qu'ils engendrent, fourni quelques données biologiques les concernant et avancé des approches pour les contrôler ou tout au moins pour diminuer l'impact de leur présence.

Dans le chapitre 9 de la partie II de l'ouvrage, consacré à la *Protection Phytosanitaire*, on a développé les techniques de contrôle qui actuellement sont les plus employées et qui restent, dans la majorité des cas, encore basées sur des interventions chimiques. Cela n'a pas empêché cependant, dès le début de la partie II qui reprend les étapes successives par lesquelles passe toute plantation, d'évoquer certains aspects de la lutte contre ces facteurs adverses du milieu.

A la fin de la partie II on a présenté sous forme de tableaux synoptiques très concis les principales anomalies constatées sur ananas et précisé les agents causals — que ces anomalies soient d'origine parasitaire ou non — afin de faciliter la tâche du praticien dans la recherche de l'origine de ses problèmes.

Ces tableaux concernent, d'une part l'ensemble de la plante, d'autre part chacun des organes et, plus particulièrement, le fruit.

I. 4.2.1. — Maladies dues à des champignons, bactéries et levures

I. 4.2.1.1. — MALADIES AFFECTANT LES RACINES ET LA TIGE (ET PAR VOIE DE CONSÉQUENCE L'ENSEMBLE DE LA PLANTE)

I. 4.2.1.1.1. — Maladies associées à des *Phytophthora* spp. [*pourriture des racines, du cœur et des fruits* (« *root heart rot* », « *top rot* », « *green fruit rot* »)]

Ce groupe de maladies se situe au premier rang, à égalité avec celui des maladies à *Ceratocystis paradoxa*, pour sa très large répartition géographique, son importance économique et sa longue histoire. En effet, dans pratiquement tous les pays producteurs, on a enregistré depuis longtemps des pertes allant jusqu'à 80 % de la future récolte.

Il s'agit essentiellement — soit d'une destruction du système racinaire (« root rot ») : en général, les plants atteints ne meurent pas mais sont improductifs ou ne donnent qu'un petit fruit sans valeur commerciale — soit d'une destruction de la tige et du méristème terminal (« heart rot ») qui entraîne presque toujours la mort des plants (photo 47).

La pourriture des fruits verts (« green fruit rot ») signalée aux Hawaï est beaucoup plus exceptionnelle.

PRINCIPAUX SYMPTÔMES

— Pourriture des racines — « Root rot » - « Swamp Wilt ».

L'altération du système racinaire, invisible si la plante n'est pas déracinée, entraîne des symptômes foliaires beaucoup plus évidents. Un symptôme très général est le changement de couleur de l'ensemble des feuilles qui, du vert foncé, passent à un jaune plus ou moins teinté de rose ou de rouge ; par ailleurs, les feuilles perdent leur turgescence, les bords du limbe s'enroulent vers la face externe et l'extrémité se courbe vers le sol.

Ces symptômes peuvent se confondre avec ceux du « Wilt » à cochenilles mais ici le processus est beaucoup plus progressif et on n'observe jamais la reprise de croissance notée dans le cas du « Wilt ». L'ensemble des feuilles est atteint et les plus âgées se dessèchent les unes après les autres en commençant par les plus longues. A ce stade on peut arracher facilement les plants ; on constate alors que le système racinaire est presque entièrement détruit. On associe généralement *Phytophthora cinnamomi* à ce type d'attaque ; mais le *P. nicotianae* var. *parasitica* (*P. n.* var. *parasitica*) est également capable de détruire les jeunes racines.

Cette maladie s'observe sur des plants de tout âge ; si le fruit n'est pas totalement formé, son développement s'arrête ; il se colore en rouge et devient inutilisable. Il arrive aussi que la pourriture des racines gagne la tige et remonte vers le sommet. C'est la pourriture du cœur qui entraîne la mort des plants.

— Pourriture du cœur - « Heart rot » - « Top rot ».

La pourriture du cœur peut également se produire sans qu'il y ait eu attaque des racines. Au début de l'attaque, les feuilles les plus

âgées sont normales et seules les feuilles du cœur, plus jeunes que la feuille D, prennent une teinte jaune terne à grise et présentent des signes de fanaison. Une faible traction permet de séparer l'ensemble de ces jeunes feuilles du reste de la plante (photo 48). Il apparaît alors que leur base pourrie dégage une odeur nauséabonde. La pourriture molle ne touche que la partie basale non chlorophyllienne et ne gagne pas la partie verte dont elle est séparée par une bordure brun foncé à noire caractéristique (photo 49). Au tout premier stade, le jeune plant a une morphologie et une coloration normale, mais quelques jeunes feuilles peuvent être détachées facilement, leur base est translucide, l'odeur est simplement désagréable et la ligne noire ne s'est pas encore formée. Dans les conditions les plus favorables pour le pathogène, ce premier stade n'apparaît que deux semaines après l'infection. Le début de la décoloration des feuilles, premier symptôme visible, se situe en moyenne 4 semaines après l'infection ; puis le plant sèche et meurt. Dans la tige, les tissus normalement blanc nacré et opaques sont remplacés par une masse spongieuse, rappelant du fromage.

La pourriture du cœur attaque les ananas à tout âge, mais principalement les jeunes plants juste après leur mise en terre et tout particulièrement les couronnes et, à un moindre degré, les cayeux stockés. Cependant, une autre période critique se situe après le traitement d'induction florale quand celui-ci est réalisé à base d'une solution aqueuse d'acétylène. Bien que *P. cinnamomi* puisse aussi le provoquer, *P. nicotianae* var. *parasitica* est le principal responsable du « heart rot » sans pourriture de racines préalable. La pourriture du cœur à ce stade se rencontre plus fréquemment en Côte-d'Ivoire que dans les autres pays producteurs.

— *La pourriture du fruit vert* : « Green fruit rot », a été signalée plus particulièrement aux Hawaï, en Australie et en Afrique du Sud. Il s'agit d'une pourriture ferme des inflorescences ou de jeunes fruits ayant moins de la moitié de leur taille définitive. La partie pourrie d'un blanc grisâtre est limitée par une bordure nette brune. Le *P. cinnamomi* seul est associé à ce faciès observé en particulier chez des fruits de seconde récolte situés très près du sol.

QUELQUES DONNÉES SUR LES PATHOGÈNES EN PRÉSENCE ET LEUR BIOLOGIE

La taxonomie des *Phytophthora* spp est difficile, ce qui explique pourquoi de nombreuses espèces ont pu être décrites sur ananas.

Actuellement, si l'on adopte les positions de NEWHOOK *et al.* (1978), deux espèces sont impliquées dans les pourritures de l'ananas :

— *P. cinnamomi* rencontré dans les régions éloignées de l'équateur : Hawaï, Afrique du Sud, Australie, Taïwan ;

— *P. nicotianae* var. *parasitica* présent dans les régions ci-dessus mais également dans les zones plus chaudes à climat tropical et sub-équatorial : Philippines, Afrique de l'Ouest, Antilles, etc...

Le *P. palmivora*, espèce proche de la précédente, avec laquelle elle peut être confondue, n'a été trouvée que deux fois aux Hawaii (KLEMMER et NAKANO, 1964). Au Mexique, GARCIA *et al.* (1972) ont isolé *P. nicotianae* var. *parasitica* et une autre espèce identifiée comme *P. citrophthora*.

Ces champignons pathogènes ont une gamme d'hôtes très étendue. *P. cinnamomi* cause de sérieuses pertes dans les vergers d'avocats, de châtaigniers, les forêts de pins, d'eucalyptus, etc. (ZENTMYER, 1980). *P. nicotianae* var. *parasitica* est entre autre un des agents de la gom-mose des agrumes (BOCCAS et LAVILLE, 1978).

En Côte-d'Ivoire, le *P. cinnamomi* a été isolé de racines d'avocats déperissants, mais il n'a jamais été trouvé sur ananas, même lorsque ceux-ci étaient cultivés en intercalaire d'avocats malades.

L'eau libre joue un rôle essentiel dans la reproduction et la dissémination des *Phytophthora* sp. — les zoospores produites par les sporanges sont mobiles ; elles nagent et sont attirées par les organes sensibles : extrémités des racines, des jeunes feuilles, trichomes jeunes, etc. (BOHER, 1974-1976). On comprend aisément pourquoi tous les excès d'eau : fortes pluies, mauvais drainage, sont favorables à l'infestation et à la manifestation de ces maladies. Signalons cependant que dans le cas du *P. nicotianae* var. *parasitica* les sporanges peuvent aussi germer directement en émettant plusieurs filaments germinatifs en milieu liquide riche en éléments nutritifs ou en l'absence de phase liquide si l'humidité relative est proche de la saturation. Cet organisme est donc moins strictement lié à la présence d'eau libre que le *P. cinnamomi*.

Les deux espèces sont normalement présentes dans le sol sous forme de mycélium et de chlamydospores (forme de résistance). PEGG (1979) signale que chez *P. cinnamomi* les chlamydospores sont nombreuses dans les débris végétaux de la précédente culture et que le chaulage augmente leur nombre. Les chlamydospores du *P. nicotianae* var. *parasitica* n'ont pas été étudiées dans le cas des cultures d'ananas.

Un phénomène capital pour l'infection est la sporulation. ANDERSON dès 1951 a proposé une technique de piégeage permettant de déceler la présence des *Phytophthora* dans la terre ou dans des organes végétaux pourris. Les zoospores sont capables d'infecter sans blessure les extrémités des racines en croissance ou les parties basales non chlorophylliennes des feuilles par l'intermédiaire des jeunes trichomes (BOHER, 1974-1976). La feuille n° 7, comptée à partir du centre

de la rosette, serait la plus vulnérable (LOUVEL, 1975), mais en pratique les 20 plus jeunes feuilles sont sensibles à l'infection. Celle-ci est très rapide. Deux heures après la mise en présence des zoospores et des feuilles non chlorophylliennes, le champignon a suffisamment pénétré à l'intérieur de la feuille pour être à l'abri des fongicides de contact (FROSSARD, 1979). Bien entendu, toute blessure des racines est une porte d'entrée, d'où l'importance des ravageurs : nématodes, symphyles.

La formation des sporanges s'effectue dans l'eau ; elle est plus abondante si celle-ci contient des sels minéraux (CHEN et ZENTMYER, 1970). Les zoospores sont libérées après un choc : choc thermique par refroidissement à 15-18° C, puis retour à 25° C, ou choc osmotique par remplacement de la solution minérale par de l'eau distillée (FROSSARD, 1979).

Les pluies sont donc particulièrement importantes dans la dissémination de la maladie. Elles favorisent la contamination et la dissémination des zoospores par les éclaboussures qui font rejaillir de la terre dans le cœur des plantes. La plus grande sensibilité des couronnes et des cayeux stockés s'explique par leur morphologie qui permet aux zoospores de pénétrer profondément entre les feuilles et d'atteindre les parties non chlorophylliennes : rosette très étalée et très basse dans le cas de la couronne, rosette lâche des feuilles faiblement turgescentes dans le cas des cayeux stockés.

La couverture des billons par du polyéthylène noir favorise les pourritures à *Phytophthora*, sans doute en maintenant le sol constamment humide.

— Incidence de la température

Depuis MEHRlich (1936), on a constaté et vérifié que les attaques du *P. cinnamomi* (pourritures de racines suivies ou non de pourritures du cœur) étaient sévères dans les zones d'altitude des Hawaï à températures fraîches et pendant les saisons fraîches (hiver austral) en Afrique du Sud et en Australie. Par contre, *P. nicotianae* var. *parasitica* se manifeste plutôt en basse altitude ou en été dans les zones subtropicales précitées et dans les régions chaudes (Afrique de l'Ouest). HINE, ALABAN et KLEMMER (1964) ont pu vérifier, en conditions contrôlées, que les attaques des racines et du cœur étaient effectivement plus importantes vers 30° C dans le cas du *P. nicotianae* var. *parasitica* et vers 20-25° C dans le cas du *P. cinnamomi*.

Malgré quelques variations dues à l'utilisation de méthodes différentes, plusieurs auteurs ont confirmé, par culture *in vitro*, la différence d'exigences thermiques de ces deux espèces (Tableau 33).

On notera que la température optimum pour la croissance des racines d'ananas est de l'ordre de 30° C (HINE *et al.*, 1964).

TABLEAU 33

Températures cardinales pour la croissance végétative
de *P. cinnamomi* (P.c.) et *P. nicotianae* var. *parasitica* (P.p.)

Auteurs	Espèce	Températures °C		
		minimum	optimum	maximum
RIBETIRO 1978	P.c.	5-16	20-30	30-36
	P.p.	<10	30-32	>37
HINE & al. 1960	P.c.	9	24-27	33
	P.p.	9	30-33	37
BOCCAS et LAVILLE 1978	P.c.	5	14-28	32-34
	P.p.	10	30-32	37
ZENTMYER 1980	P.c.	5-15	20-32,5	30-36

— Incidence du pH

On a remarqué depuis longtemps (LEWCOCK, 1935; KLEMMER et NAKANO, 1964) que les sols à réaction acide (pH inférieur à 4,4,5) étaient moins favorables aux pourritures à *Phytophthora* spp. que ceux à réaction neutre ou alcaline. Ce phénomène a été vérifié expérimentalement en Côte-d'Ivoire, dans le cas du *P. nicotianae* var. *parasitica*, en pratiquant des chaulages d'intensité différente. A partir de pH 5,3, les risques de pourriture du cœur sont très grands (Tableau 34).

Dans le même ordre d'idée, on a constaté que les chances de réussite des inoculations avec *P. nicotianae* var. *parasitica* étaient beaucoup plus grandes après tout traitement qui accroît le pH de la solution contenue dans la rosette des feuilles (FROSSARD, 1978 a, non publié). Celui-ci, d'une valeur habituelle de 3 à 4, peut être élevé par des applications de bentonite, de certains engrais solides et tout particulièrement de bouillie de carbure de calcium. Ce dernier traitement utilisé pour l'induction florale élève le pH jusqu'à des valeurs de 11 à 12.

Il est également significatif que les inoculations par blessures échouent sur des fruits immatures dont le pH varie de 2,5 à 3,5, mais réussissent sur des inflorescences ou des fruits en formation, dont le pH est supérieur à 4,5 (MEHRLICH, 1936).

TABLEAU 34

Pourcentage de pieds pourris selon différents traitements
(tirés d'une expérimentation entreprise par GODEFROY)
cité par FROSSARD (1976)

	Traitements			
	1	2	3	4
Grammes de CaO/pied appliqués lors de 2 replantations successives	0	25	50	100
pH	4,3	5,3	5,9	6,9
Ca extractible en méq.	0,6	2,2	4,0	7,9
% de pieds pourris relevés lors de la 3e replantation réalisée sans nouvel apport de CaO (660 pieds) observés par traitement	0,5	6,4	31,4	36,8

Les résultats obtenus *in vitro* sont différents selon les auteurs (CAMERON, 1962 ; CHEE et NEWHOOK, 1965 ; FROSSARD, 1979) ; divergences dues, sans doute, à la diversité des méthodes utilisées. La croissance mycélienne est optimale à pH 6-7, mais elle n'est pas négligeable à des niveaux plus bas et il faut descendre à des pH inférieurs à 4 pour qu'elle soit inhibée. La sporulation (formation des sporanges et libération des zoospores) est alors également inhibée (PEGG, 1977 a ; ALLEN et NANDRA, 1975 ; FROSSARD, 1979). Le chaulage favorise la formation de chlamydospores de *P. cinnamomi* (PEGG, 1979).

APPROCHES POUR LUTTER CONTRE LA MALADIE

— Approche génétique

Plusieurs espèces d'ananas : *A. bracteatus*, *A. ananassoides*, sont considérées comme résistantes aux *Phytophthora* spp. Plusieurs cultivars appartenant au groupe Spanish mais aussi au groupe Cayenne var. Cayenne Guadeloupe, sont considérés comme relativement tolérants à cet égard. Cependant les hybridations réalisées par COLLINS (1960) dans le but d'obtenir un type résistant, n'ont pas débouché sur l'obtention d'un cultivar capable de prendre la relève des clones de Cayenne lisse.

En dehors des caractéristiques de résistance intrinsèque, un port plus érigé et une rosette de feuille plus « fermée » limitant l'introduction de projections dans le cœur de la plante, seraient des caractéristiques à rechercher plus particulièrement dans des travaux d'amélioration de la plante (LOUVEL, 1975).

— Approches Bio-écologiques

Tout ce qui améliore le drainage des sols diminue les risques d'infestation : sous-solage (dans certaines terres), création d'un réseau de drains collecteurs d'eau de ruissellement, culture à pente faible, création de billons élevés...

Il en est de même de tout ce qui tend à diminuer le pH des sols : limitation des apports de Ca, acidification des sols par des apports de soufre.

PEGG (1977 a) a montré que l'acidification des sols par le soufre se faisait en Australie grâce à la présence d'une bactérie du sol : *Thiobacillus thiooxidans*. Dans ce pays, pour lutter contre *P. cinnamomi*, on n'hésite pas à recommander cette technique de façon à amener le pH au-dessous de 3,8 (au pH de 5,0 les risques de maladie se maintenant), ce qui n'est pas sans sérieux inconvénients à d'autres égards.

L'apport de soufre a ses limites : au bout d'un an, si le pH du sol reste à 3,8, il monte à 5 dans la rosette des jeunes feuilles et à l'aisselle des feuilles plus âgées, les risques de pourriture du cœur augmentent d'autant (PEGG, 1977 a).

Selon HINE *et al.*, la couverture du sol avec du papier bitumé (ou du polyéthylène), en augmentant la température du sol dans les zones fraîches des Hawaï pourrait freiner le développement du *P. cinnamomi*. Mais elle favoriserait alors celui du *P. nicotianae* var. *parasitica* !...

L'utilisation de matériel de plantation « sensible » (couronne, cayeux stockés) est à éviter aux périodes humides.

En ce qui concerne les pourritures après l'induction florale, il est vivement recommandé d'abandonner les techniques à base de carbure de calcium au profit des techniques à base d'éthylène ou d'autres produits qui n'augmenteraient pas le pH.

Il est déconseillé au moment des désherbages de mettre les herbes déracinées à sécher sur les plants d'ananas : cette technique entraîne toujours des chutes de terre dans le cœur des plants.

— Approche chimique

Si les conditions de sol et de climat sont par trop favorables aux pourritures à *Phytophthora*, la lutte chimique devient impérative. Elle peut paraître onéreuse, mais compte tenu que tout pied atteint

est improductif, il suffit de sauver une faible proportion des plants pour rentabiliser le traitement fongicide.

La lutte doit être *préventive* : d'une part parce que les symptômes apparaissent bien après le moment de l'infection, d'autre part parce qu'aucun des fongicides actuellement disponibles n'a d'action curative suffisamment nette pour en tenir compte en pratique.

Si l'on a à déplorer essentiellement des pourritures de racines à *P. cinnamomi* un traitement à la plantation doit être complété par des interventions pendant toutes les périodes pluvieuses critiques. Par contre, si l'on a affaire à des pourritures du cœur à *P. nicotianae* var. *parasitica*, on peut limiter les interventions aux deux périodes clés : plantation et, dans certains pays, du moins en période humide quand on fait appel à du carbure de calcium comme produit florigène : floraison.

Deux types de produits sont actuellement disponibles pour lutter efficacement contre ces divers types de maladie :

- des fongicides de contact,
- des fongicides systémiques.

Ces derniers appliqués sur le feuillage pénètrent très rapidement et sont donc peu soumis au lessivage, leur systémicité descendante permet de protéger efficacement les jeunes feuilles, la zone méristématique de la tige, mais également les racines : appliqués au sol ils sont absorbés par les racines et protègent de la même façon les parties sensibles de la plante, mais ce mode d'application étant moins pratique pour une efficacité habituellement moindre, cette technique est peu pratiquée en culture d'ananas.

Les techniques de traitement, comme les principales caractéristiques des produits les plus couramment utilisés actuellement, sont précisées dans le chapitre consacré à la Protection Phytosanitaire de la deuxième partie du livre (cf. II. 9.1, p. 342-344).

I. 4.2.1.1.2. — *Maladies associées à des Pythium spp.*

— *Parties de la plante affectées par le pathogène*

Les différentes espèces du genre *Pythium* impliquées dans la pourriture des racines n'intéressent strictement que cette partie du végétal contrairement à diverses espèces de *Phytophthora*.

— *Principaux symptômes*

Sous l'effet de l'altération lente du système racinaire, la croissance de la plante est fortement ralentie ; les plantes sérieusement atteintes sont chétives, à feuilles étroites, érigées, faiblement colorées ; elles se distinguent difficilement de plantes sérieusement parasitées par des nématodes.

— Quelques données sur les pathogènes et leur biologie

A Hawaï, KLEMMER et NAKANO (1964) identifièrent 5 espèces différentes pathogènes à l'égard de l'ananas : *P. arrhenomanes*, *P. graminicola*, *P. splendens*, *P. torulosum* et *P. irregulare* ; mais la première s'est révélée de loin la plus pathogène et elle est probablement la plus répandue. En laboratoire, la température la plus favorable à sa croissance est de 28° C et la température maximum de 38° C. A Hawaï, cette espèce est rencontrée aussi bien dans les zones à prédominance de *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* que dans les zones à *Phytophthora cinnamomi* moins chaudes et plus humides. Alors que les lésions dues à des *Phytophthora* sont plutôt diffuses, celles provoquées par des *Pythium* sont des lésions allongées bien définies, de couleur foncée, qui s'étendent dans le cas de *P. arrhenomanes* sur toute la longueur de la racine. L'action des *Pythium* est plus spécialement à redouter dans les sols lourds très humides à pH relativement élevé et dans les zones à températures relativement peu élevées. Les parasites animaux altérant les racines favorisent leur pénétration.

— Approches pour le contrôle de la maladie

Les approches génétiques et écologiques présentées dans le cas de la lutte contre les *Phytophthora* sont habituellement valables dans le cas des *Pythium* (p. 344).

I. 4.2.1.2. — MALADIES AFFECTANT TOUTE PARTIE AÉRIENNE DE LA PLANTE

I. 4.2.1.2.1. — Maladies à *Ceratocystis paradoxa* [pourriture noire des rejets (« butt rot », « base rot ») ; pourriture noire du fruit (« black rot », « water blister »), taches blanches sur feuilles (« white leaf spot »)] — Maladies à *Thielaviopsis*

Ces maladies sont connues depuis fort longtemps : dès 1931, DICKSON *et al.* indiquent que les pourritures de fruits entraînent des pertes appréciables en Australie depuis déjà 20 ans. Ces pourritures ont été observées dans tous les pays producteurs d'ananas. Le champignon pathogène *Ceratocystis paradoxa* est un parasite de blessure qui peut affecter toutes les parties de la plante, mais celles qui sont les plus fréquemment et gravement atteintes sont les rejets de toute nature et les fruits après récolte.

De tous les parasites de l'ananas, cet organisme est sans doute celui dont l'incidence économique peut avoir la plus grande importance si l'on ne parvient pas à le contrôler de façon satisfaisante.

Le champignon pénètre par des blessures non cicatrisées, essentiellement par les blessures causées par la séparation des rejets ou

des fruits des pieds-mères, mais il peut pénétrer également par tout type de blessure et, en particulier, dans les fruits par des meurtrissures latérales ou des lésions causées par des ravageurs de toute nature. Ces dégâts sont donc particulièrement à redouter pour les fruits ayant à subir un stockage : on a pu observer des pertes allant de 20 à 80 % dans des lots exportés en frais.

Principaux symptômes

— *Sur rejets (cayeux, bulbilles, couronnes) et sur jeunes plants (« butt rot », « base rot »)*

Il s'agit dans les deux cas d'une pourriture basale molle de la tige ; les parenchymes noircissent et sont désintégrés, il ne reste que les fibres et on observe une véritable caverne à la base de la tige. On note souvent une odeur acétique prononcée. Les couronnes sont beaucoup plus sensibles que les autres types de rejets. Du point d'entrée, la pourriture peut s'étendre à l'ensemble de la tige et entraîner la destruction complète des rejets en quelques jours. Il est alors facile d'éliminer ceux-ci. Mais il arrive que les rejets apparemment sains soient infectés avant la mise en terre. Dans ce cas, on observe une mauvaise reprise avec souvent un flétrissement et un jaunissement partiel des feuilles. Contrairement à ce que l'on constate dans le cas des pourritures du cœur à *Phytophthora*, les jeunes feuilles du cœur restent solidement attachées au sommet de la tige et lorsqu'on tire dessus, ou bien le plant vient tout entier, ou il casse à la limite de l'infestation. Le plant parvient à émettre des racines et reprend, mais avec quelques semaines de retard sur les plants sains, une certaine croissance (photo 52) ; il en résulte une hétérogénéité considérable avec toutes les conséquences que l'on peut imaginer. Cette maladie est particulièrement observée aux Hawaii (CHO, ROHRBACH et APT., 1977), en Afrique du Sud (KEETCH, 1977 a) et en Australie (PEGG, 1977 b), sans doute à cause de la proportion importante de couronnes utilisées comme matériel de plantation. En Côte-d'Ivoire et en Martinique, cette maladie est aussi observée sur les cayeux stockés dans de mauvaises conditions avant leur mise en terre.

— *Sur feuilles : taches blanches (« white leaf spot ») (photo 53)*

Très spectaculaires, ces symptômes sont peu fréquents et en général sans gravité. On observe des plages blanches limitées par une ligne foncée principalement sur les feuilles les plus longues. Le champignon pénètre à la faveur de blessures dues à des ravageurs, ou à des frottements de feuille à feuille ; l'épine distale des feuilles est souvent à l'origine de ces lésions. Ultérieurement, la zone atteinte se dessèche et prend une couleur brune. Un temps pluvieux et venteux favorise l'apparition de ces symptômes. Des dessèchements

importants peuvent également être observés après plantation de rejets manipulés sans précaution ou stockés dans de mauvaises conditions.

— *Sur fruits* : « *black rot* » - « *water blister* » (photos 50 et 51)

Il s'agit d'une pourriture molle, aqueuse de la chair du fruit qui se liquéfie rapidement à la température ambiante (25° C) et dégage une odeur douceâtre et éthérée tout à fait caractéristique. Les spores noires du champignon apparaissent par la suite, surtout au niveau de l'axe central (cœur). Extérieurement, on peut observer des suintements, et la peau cède aisément à la moindre pression.

On reconnaît deux types de pourriture molle :

— les pourritures pédonculaires, consécutives à une infection des pédoncules après la récolte qui se développent en forme de cône ayant pour axe le cœur et pour base la base du fruit (FROSSARD, 1978 b),

— les pourritures latérales consécutives à une meurtrissure survenue au cours des opérations de récolte qui s'étendent rapidement autour de la blessure (FROSSARD, 1970).

Dans tous les cas, l'odeur caractéristique et une simple pression suffisent à déterminer la maladie. Celle-ci se rencontre dans tous les pays producteurs, elle est tout particulièrement à redouter dans le cas du transport de fruits frais sur de longues distances donc surtout dans les cas d'exportation en frais.

Quelques données sur l'agent pathogène, sa biologie et l'étiologie de ces maladies

Le *Ceratocystis paradoxa*, forme parfaite Ascomycète du champignon pathogène, n'a jamais été observé sur ananas. Par contre, la forme imparfaite *Thielaviopsis paradoxa* est constamment trouvée. Cet Hyphomycète produit deux sortes de conidies : les unes hyalines et cylindriques, assez petites (microspores), les autres nettement plus grosses, brunes et ovoïdes (macrospores) qui donnent l'aspect noirâtre des pourritures en fin d'évolution. Signalons que ce champignon est également la cause d'une pourriture brune des boutures de canne à sucre — appelée « *pineapple disease* », maladie de l'ananas — à cause de l'odeur d'ananas sur-mûr qu'elles dégagent — (tout au moins d'après les planteurs de canne à sucre).

Ces deux types de spores restent viables dans le sol et les débris végétaux et sont toujours présents dans n'importe quel champ d'ananas ou de canne.

En culture, le champignon a une croissance normale dans une large gamme de pH allant de 3 à 8 (FROSSARD, 1964). Le pH du jus

d'ananas (3,5 à 4) ne semble donc pas avoir d'incidence marquée sur le développement de la pourriture à *Ceratocystis*.

La température, par contre, joue un rôle considérable. A 25° C, la progression linéaire du mycélium est de l'ordre de 12 à 14 mm par jour, aussi bien dans les fruits qu'en culture *in vitro*. L'optimum se situe entre 25° et 28° C. A 12° C, la progression du mycélium est fortement freinée, mais il faut descendre au-dessous de 8° C pour qu'elle soit arrêtée (FROSSARD, 1978 b).

Les périodes humides et chaudes et tous les autres facteurs augmentant la fragilité des fruits sont particulièrement à redouter.

Approches envisageables pour le contrôle de la maladie

— Génétique

Nulle part dans la bibliographie il n'est fait allusion à une quelconque résistance d'espèces appartenant au genre *Ananas* et encore moins de cultivars d'*A. comosus*.

— Bio-écologique

Pour la protection des rejets, on doit chercher à faciliter et activer la cicatrisation du point d'attache, à éviter des manipulations brutales et surtout les stockages de rejets mouillés en tas pendant les périodes chaudes favorables au champignon.

La cicatrisation par l'action desséchante des rayons de soleil et du vent est obtenue en exposant les rejets « retournés » (la base dirigée vers le ciel) sur les plants-mères pendant une période de 8 à 15 jours, suivant la climatologie du moment.

Dans le cas des couronnes, cette opération est parfois difficile à réaliser pratiquement, surtout quand la récolte se fait à l'aide de convoyeurs. Les couronnes doivent être détachées d'un coup sec et non par torsion pour éviter qu'un fragment de chair ne reste attaché à la base de la couronne, ce qui ne manquerait pas d'attirer un des principaux vecteurs de la maladie : les drosophiles. Elles doivent, par la suite, être laissées éparses sur le terrain jusqu'au moment où elles sont récupérées pour être transportées au lieu de plantation.

En période sèche et peu pluvieuse, ces différentes mesures suffisent souvent et évitent de faire appel à des fongicides.

La protection des fruits passe par un ensemble de mesures destinées :

- à éviter la formation de porte d'entrée,
- à réduire l'inoculum ambiant,
- à réduire le temps pendant lequel le fruit peut être exposé aux atteintes du champignon,
- à ralentir sa progression au cas où il serait parvenu à pénétrer.

Mais dans le cas de transport sur de longues distances, ces mesures ne sont suffisantes qu'exceptionnellement en période sèche et il faut faire appel à des fongicides pour assurer une protection suffisante des fruits.

Pour éviter la formation de portes d'entrée, principalement dans le cas de l'exportation en frais, on conseille d'organiser une chaîne « antichoc » de la cueillette à la table du consommateur en passant par toutes les phases de l'acheminement vers les stations de conditionnement, l'emballage, le transport et la commercialisation.

La réduction de l'inoculum ambiant est obtenue par un ensemble de mesures prophylactiques dont la première consiste à éliminer tout type de débris végétaux (déchets de parage et fruits éliminés) pouvant servir d'hôte au pathogène, et les drosophiles, à proximité de fruits stockés et particulièrement dans les stations de conditionnement.

En tenant compte des exigences thermiques du champignon pathogène, il faut chercher à accélérer les étapes entre la récolte et le chargement en enceinte réfrigérée. Les fruits doivent être mis à 8° C le plus rapidement possible et transportés à cette même température (FROSSARD, 1978 b).

Dans le cas de traitement des fruits en conserverie, on ne peut habituellement agir que sur deux points :

- la hauteur des conteneurs de transport : en la diminuant on limite les meurtrissures sur les fruits du fond,
- le temps qui s'écoule entre la cueillette et l'entrée en conserverie : il devrait être de moins de 12 h et, en tout cas, ne pourrait dépasser 24 h.

Dans le cas de transport sur des distances relativement longues, il est fréquent que l'on maintienne les couronnes sur les fruits : on élimine l'une des deux principales portes d'entrée « naturelles » et leur présence permet de limiter les meurtrissures, que les fruits soient « en vrac » ou rangés en couches successives.

— Chimique

Aux fongicides de contact utilisés de longue date à l'égard de ce champignon s'est adjointe récemment toute une gamme de fongicides systémiques appartenant aux groupes des benzimidazoles, des imidazoles et des triazoles. Leurs principales caractéristiques, comme les modalités d'utilisation en fonction de la partie du végétal à protéger (rejet ou fruit), sont développées dans le chapitre « Protection Phytosanitaire » de la partie II du livre (cf. II. 9.2, p. 345-346).

I.4.2.1.2.2. — *Maladie de la Fusariose (limitée au Brésil) due à Fusarium moniliforme var. subglutinans*

Cette autre maladie due à un *Fusarium* n'est connue pratiquement qu'au Brésil, bien qu'on la considère originaire d'Uruguay ou d'Argentine où le pathogène *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* a été isolé pour la première fois en 1954 par CARRERA. Sa présence est cependant signalée dans d'autres pays du monde, tels que l'Afrique du Sud et l'Australie (LAVILLE, 1980). Au Brésil, elle a pris un développement tel au cours des années 1960 et 1970 que l'on considèrerait, à la fin de la dernière décade, qu'elle était devenue un des principaux facteurs limitants de la culture de l'ananas dans ce pays.

La fusariose est susceptible d'affecter toutes les parties de la plante, mais le fruit et les organes de reproduction (rejets) sont plus particulièrement atteints. Les rendements en fruits commercialisables peuvent être très affectés comme peut l'être la qualité des fruits (CHALFOUN et CARVALHO, 1982). De très nombreux chercheurs brésiliens l'ont étudiée au cours de ces dernières années. Dans ce qui suit on se référera essentiellement à la synthèse des travaux réalisés par LAVILLE en 1980.

— *Principaux symptômes*

Sur jeune plante et plante adulte, la présence de la maladie se manifeste par une courbure de la partie supérieure de l'appareil foliaire, conséquence d'une altération latérale de la tige et/ou un aspect « ramassé » de la plante à la suite du raccourcissement de la longueur de la tige tandis que les feuilles du centre de la rosette ont tendance à prendre un port érigé. On constate par la suite une altération de la formation de la rosette de feuilles perturbant la phyllotaxie, et souvent la mort du méristème terminal ; la plante prend alors un aspect rabougri et chlorotique (PISSARA, CHAVES et VENTURA, 1979).

Si l'on arrache des feuilles des zones atteintes, on constate des accumulations gommeuses à leur base et une coupe longitudinale des tiges montre une progression de la nécrose de bas en haut, localisée dans les tissus parenchymateux, d'où se dégage une odeur caractéristique d'huile rance (photo 54).

La progression de la maladie peut être considérée comme très lente par comparaison avec les maladies dues à *Ceratocystis* sp. et à *Phytophthora* spp.

Sur le fruit, les attaques ont lieu au niveau des yeux, le nombre d'yeux atteints pouvant varier considérablement. A l'approche de la maturité la surface de ceux-ci est en dépression et plus colorée que

celle des yeux voisins. Par la suite apparaissent les symptômes les plus caractéristiques : des exsudations de gomme hyaline devenant progressivement plus foncée (photo 57).

En coupe transversale, on note, au niveau des yeux atteints, le développement de larges plages beiges à brunes, plus ou moins translucides, imprégnées de gomme fluide (photos 55 et 56).

Sur rejets, quelle qu'en soit sa nature, on constate parfois de petites nécroses brunes situées à proximité de leur point d'insertion sur le pédoncule fructifère ou la tige. Ces nécroses sont parfois accompagnées de gouttelettes gommeuses et dans les cas les plus graves, toute la base du rejet est envahie de formations gommeuses. Il est fréquent que la maladie prenne un développement tel qu'elle entraîne la mort du rejet.

Il existe des différences de comportement importantes entre cultivars à l'égard de cette maladie (GIACOMELLI, ROESSING et TEOFILO, 1969).

— Quelques données sur le pathogène et sa biologie

L'agent causal de la maladie, selon la classification de BOOTH, est *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* Wr. et Reink., stade conidien de *Giberella fujikuroi* var. *subglutinans* Edwards, qui lui n'a pas été isolé sur ananas.

Sur milieu gélosé, la croissance de *F. moniliforme* var. *subglutinans* est optimum à 25° C ; elle est importante à 30° C mais devient nulle à 35° ; le champignon s'accommode de substrats très divers et supporte des pH acides (2 à 3).

Cette espèce est habituellement considérée comme un parasite des parties aériennes de nombreuses plantes (sorgho, maïs, canne à sucre, manguier...), mais à chacune d'elles semble correspondre une race bien spécifique et on constate des variations d'activité parasitaire, liées soit au site de prélèvement sur la plante malade, soit à la région géographique de l'isolement (LAVILLE, 1980 ; PERRIOT, 1980). Sa dispersion est assurée par le vent et les insectes, mais le pathogène peut être présent sur les feuilles des différents types de matériel végétal utilisés pour les replantations ce qui a contribué dans une large mesure à l'extension de la maladie au Brésil (DIANESE, BOLKAN et COUTO, 1981). *F. moniliforme* var. *subglutinans* survit sur les débris végétaux déposés à la surface du sol ou légèrement enterrés, avec une préférence pour les vieilles feuilles d'ananas. Étant dépourvu de chlamydospores, formes habituelles de résistance chez certaines espèces du genre *Fusarium*, il ne persiste pratiquement pas dans le sol au-delà de 4 mois (MAFFIA et al., 1978 ; MATOS, 1978 ; VENTURA, 1979 ; MAFFIA, 1980). Une forte humidité du sol n'est pas favorable à sa survie (MAFFIA, 1980).

F. moniliforme var. *subglutinans*, comme les autres *Fusarium* parasites de l'ananas, ne peut pénétrer que par des ouvertures naturelles ou des blessures.

Dans le cas du fruit, BOLKAN, DIANESE et CUPERTINO, 1978, ont montré par des applications artificielles de suspensions de spores que l'infection était à la fois *plus tardive* et ne pouvait survenir que pendant un *laps de temps beaucoup plus réduit* que dans le cas des autres maladies à *Fusarium* de l'ananas (cf. fig. 60). L'infection n'est

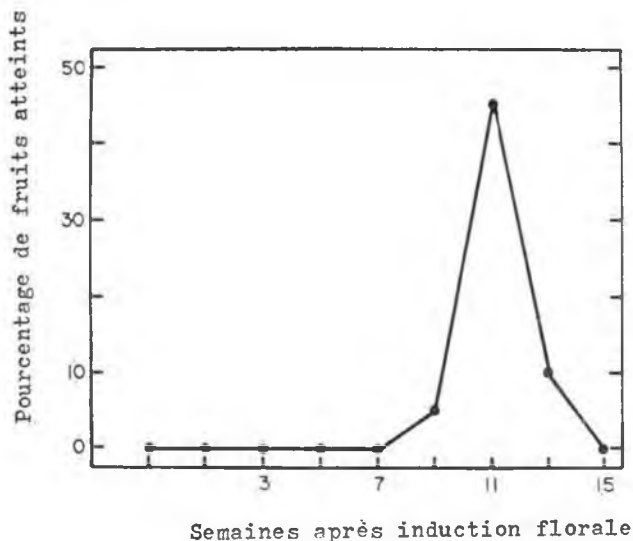


FIG. 60. — Les effets d'une seule inoculation par pulvérisation sur 'Cayenne lisse' d'une suspension de conidies de *F. moniliformis* var. *subglutinans* (concentration 1×10^6 spores/ml) à différentes dates après induction florale.

(D'après BOLKAN, DIANESE et CUPERTINO, 1979).

possible qu'au moment précis de l'ouverture des fleurs individuelles (le pic de réponse à une infestation artificielle s'est placé dans le cas de l'expérimentation 11 semaines après l'induction florale) aussi, obtient-on après une infestation artificielle ponctuelle une couronne d'yeux infestés correspondant aux yeux en pleine floraison au moment exact de l'application.

En opérant de la même manière VENTURA *et al.* (1981) obtinrent une réponse à des applications artificielles de spores dès la 2^e semaine qui suivit l'induction florale, cette différence serait due à l'interférence de parasites animaux contre lesquels ces derniers auteurs n'ont pris des mesures que tardivement.

Les différentes espèces d'insectes qui visitent la fleur [en particulier l'abeille *Trigona spinipes* (AGUILAR et SANCHEZ, 1982)], contribuent à la dissémination des spores et donc au développement de la maladie. Cependant, c'est surtout ceux qui provoquent des blessures qui jouent un rôle capital dans ce domaine. Il y a lieu de citer en premier lieu les larves de lépidoptères et parmi celles-ci la plus répandue : celle de *Thecla basilides* (cf. I. 4.2.3.3) (photos 94, 95, 96, 97 et 98).

D'autres espèces pourraient également être impliquées, des coléoptères : *Paradiophorus crenatus* (REIS R., 1981) *Lagria villosa* Fab. (VENTURA *et al.*, 1981) (photo 89) mais les acariens longtemps soupçonnés de favoriser le développement de la maladie ne semblent pas être en cause (VENTURA *et al.*, 1980).

L'adulte de *Thecla* est attiré par l'inflorescence dès avant l'ouverture de la première fleur ; il dépose des œufs fréquemment sur des yeux non encore fleuris, ou sur les bulbilles particulièrement nombreuses chez les cultivars locaux. La larve qui éclôt 5 jours plus tard pénètre dans les tissus créant alors la porte d'entrée nécessaire au champignon (cf. I. 4.2.3.3). L'infestation des rejets peut également se faire beaucoup plus tardivement à partir des formations gommeuses chargées de spores tombant des fruits. La plus petite craquelure de croissance à proximité du point d'insertion par exemple peut servir de voie de pénétration, mais celle-ci se fait également via les tissus de la base du fruit et du haut du pédoncule fructifère, donc par voie interne... Les infestations par le sol après mise en terre des rejets sont rares, alors qu'on a cru longtemps qu'elles jouaient un rôle important.

Sur feuilles, il n'y a de possibilités de développement de la maladie que si la blessure est localisée à leur base : au niveau des tissus non chlorophylliens particulièrement fragiles, ce qui permet également au champignon d'atteindre la tige. La blessure peut être provoquée par un ravageur, des craquelures de croissance ou des blessures occasionnées par exemple par des brûlures d'engrais.

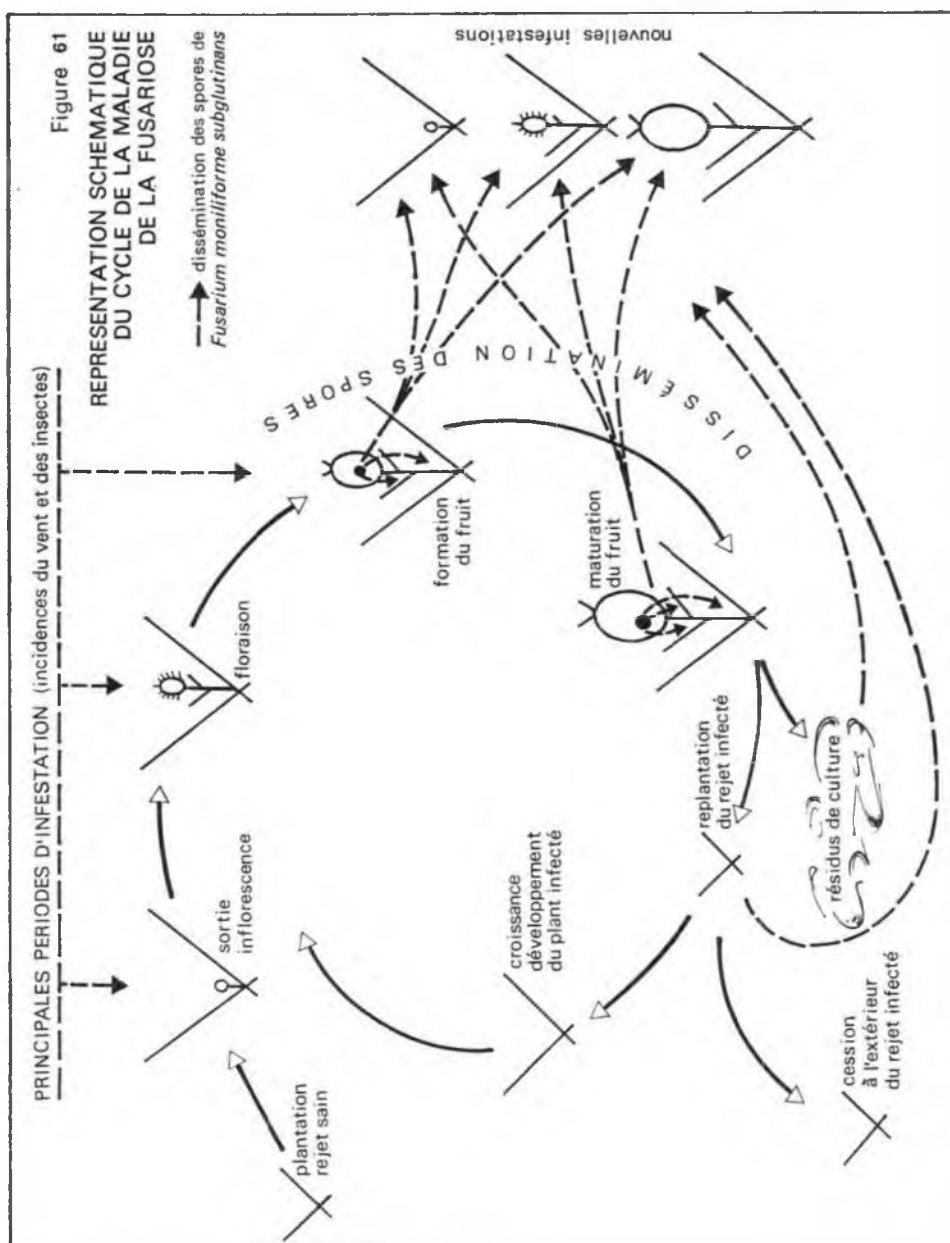
La figure 61 empruntée à LAVILLE (1980) illustre bien le cycle de la maladie.

La climatologie a une incidence complexe sur la maladie : au moment de la floraison « vraie », elle peut être favorable au pathogène tout en ne l'étant pas aux parasites animaux qui favorisent son extension ou vice versa.

— Approches pour lutter contre la maladie

— Génétique

GIACOMELLI (1969) a montré le premier qu'il existait entre cultivars des différences de comportement importantes à l'égard de la fusariose. Certains cultivars tels que Ananas Sao Bento, Huitota, Roxo de



Téfé et Ato Turi se sont révélés les plus résistants, alors que Cayenne lisse, Perola et Jupi sont très sensibles (SOUTO et MATOS, 1978).

Un programme génétique sur ce problème a démarré au Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (Bahia, Brésil).

— *Bio-écologique*

Une conduite des plantations limitant les à-coups de croissance et orientant la production sur les mois pendant lesquels la maladie a une incidence limitée sont autant de mesures qui ne peuvent qu'avoir une incidence favorable.

L'introduction de nouveaux prédateurs des principaux ravageurs impliqués dans la maladie pourrait, dans certains cas, être envisagée.

En créant des pépinières de multiplication avec du matériel végétal sévèrement sélectionné et désinfecté (PISSARRA, VENTURA et BRAVIM, 1979 ; CHAVES, CHOIRY, 1979) on rompt le cycle de la maladie mais les plantations réalisées à partir de matériel assaini doivent être également protégées par la suite en intervenant en cours de végétation contre les parasites animaux et, éventuellement, directement contre le pathogène.

— *Chimique*

Une lutte directe contre le pathogène avec des fongicides de contact ou systémiques, n'a donné jusqu'alors que des résultats médiocres. S'est révélée plus efficace par contre une lutte contre les parasites qui visitent les fleurs et qui, de ce fait, contribuent à la dissémination des spores et pour certains d'entre eux à la pénétration du champignon dans le fruit par les blessures (larves de lépidoptères).

En empêchant l'ouverture des fleurs par l'application d'éthéphon, technique pratiquée contre d'autres affections du fruit à partir de la fleur, on parvient également à limiter l'impact de la maladie (CUNHA P. DA, 1980).

Des précisions sur les modalités de lutte sont données dans le chapitre consacré à la Protection Phytosanitaire de la partie II du livre (cf. II. 9.3, p. 346-348).

I. 4.2.1.3. — MALADIES AFFECTANT LE FRUIT

I. 4.2.1.3.1. — *Affections des fruits liées à des Penicillium sp et Fusarium sp* [« Taches noires » (« fruitlet core rot », « eye rot », « black spot »), « leathery pocket », « interfruitlet corking »]

Ces diverses affections présentent des symptômes très différents internes ou externes mais elles ont en commun leur origine et le fait d'attaquer, en nombre très variable sur une inflorescence, les fruits individuels. Il s'agit :

— soit de taches noires (« fruitlet core rot », « eye rot » ou « black spot ») plus ou moins molles et étendues au niveau des loges ovariennes. Leur incidence économique peut être considérable en fonction de leur développement et du nombre d'yeux atteints. Dans le cas des fruits destinés à l'usine, les tranches tachées sont obligatoirement éliminées ; or les tranches entières constituent le produit « noble » de la conserverie et bien souvent le plus rentable. Dans le cas des fruits destinés à la consommation en frais, l'absence habituelle de symptômes externes rend impossible le tri avant commercialisation, mais si les taches sont trop nombreuses et trop évoluées, le fruit peut ne plus être marchand ;

— soit des formations liégeuses épidermiques (« interfruitlet core rot ») ou internes (« leathery pocket »). Leur incidence économique est en général plus faible que celle des taches noires, mais les premières peuvent gêner le développement du fruit.

PRINCIPAUX SYMPTÔMES

a) *Taches noires*

Cette anomalie a été observée depuis fort longtemps (1896 au Queensland) et dans toutes les régions productrices du monde (GUEROUT, 1974 a). En général, les fruits du cv Cayenne lisse ne présentent aucun signe extérieur de la maladie. Par contre, chez des fruits du groupe Queen en Afrique du Sud, ou du groupe Perolera en Côte-d'Ivoire, la surface des yeux atteints tend à se déprimer, vire au jaune orange plus vite que les yeux sains voisins et présente des signes de sénescence à la récolte du fruit.

Le nombre d'yeux atteints par fruit peut être très variable (jusqu'à plus de 50 %) ; il est plus élevé à la base des fruits et sur les gros ananas. En Côte-d'Ivoire, les fruits atteints de l'affection physiologique connue sous le terme de « jaune » présentent rarement des taches noires (GUEROUT, 1974 a).

A Taïwan, les fruits atteints sont de type opaque, à porosité élevée : sous l'effet d'une chiquenaude, ils rendent un son bas, ce qui permet aux personnes expérimentées de les écarter (Yow et Wu, 1972).

En coupe transversale, on constate un changement de couleur des tissus ovariens.

GUEROUT distingue 4 phases successives (photos 58 et 59) :

1) taches de petite taille (maximum 4×15 mm), jaune foncé translucide, tranchant sur l'aspect opaque de la chair environnante au niveau de l'axe carpellaire ;

2) taches dont la coloration vire au brun clair, changement correspondant à un début d'évolution ;

3) taches plus importantes devenant plus foncées (brun sombre) mais ne débordant pas des tissus de l'œil ;

4) taches brunes à noires débordant plus ou moins largement des tissus de l'œil.

En coupe tangentielle (cylindrage), la présence des taches aux stades 2 et 3 se décèle facilement. En effet, seules les 3 cloisons en Y séparant les loges carpellaires sont brunes, alors que les tissus voisins sont blancs ou jaunes. Ces symptômes ne sont pratiquement pas visibles au cours de la croissance des fruits ; ils apparaissent peu avant la maturation du fruit et continuent à évoluer après la récolte.

Ces phases caractérisent le faciès « humide », le plus fréquemment observé. Dans le faciès « sec », les parois carpellaires brunes, dures, comme momifiées, sont souvent recouvertes d'un mycélium blanc (photo 59) ; la tache est bien délimitée et n'évolue que lorsque les fruits entrent en surmaturation (GUEROUT, *loc. cit.* ; PETTY, 1977 a).

b) *Leathery pocket*

Cette subérification donne aux parois des loges carpellaires une consistance de cuir (leather) (photos 60 et 61).

c) *Interfruitlet corking*

Cette anomalie se traduit par une subérification externe entre les yeux, accompagnée de très fines craquelures transversales des sépales ou bractées. Parfois elle gagne les pièces florales tendres (pétales-anthères) ou même les placentas et empêche les fleurs de s'épanouir. Lorsque plusieurs yeux voisins sont atteints, leur développement est entravé ; il en résulte des malformations importantes du fruit. Un symptôme caractéristique est l'aspect brillant des inflorescences au stade fin de floraison vraie, dû au non-développement des trichomes normalement présents à ce stade sur les bractées et sépales. Pour chacun des pathogènes concernés le maximum d'altérations est obtenu avec des températures diurnes et nocturnes bien spécifiques (ROHRBACH *et al.*, 1983).

QUELQUES DONNÉES SUR LES PATHOGÈNES ET LEUR BIOLOGIE

Les derniers travaux d'origine hawaïenne, ivoirienne ou sud-africaine accordent sans discussion possible une origine fongique à ces diverses anomalies.

Il est prouvé que deux espèces pathogènes, *Penicillium funiculosum* et *Fusarium moniliforme*, sont impliquées dans les différents faciès que peut prendre la maladie (ROHRBACH et PFEIFFER, 1976 a et b ; LIM et ROHRBACH, 1980). Dans le cas des faciès « Interfruitlet corking » et « Leathery pocket », seul le premier pathogène interviendrait (HEPTON et ANDERSON, 1968 ; ROHRBACH et PFEIFFER, 1976).

alors que les deux pourraient être à l'origine des « taches noires ». Cependant, même dans ce dernier type d'affection, MOURICHON (1982) a nettement montré en Côte-d'Ivoire la prédominance de *Penicillium funiculosum*.

Cet auteur a montré en particulier que l'évolution de la maladie vers tel ou tel faciès dépend de la période de pénétration du ou des pathogènes. Les pénétrations précoces — juste après l'épanouissement des fleurs — pourraient être les plus fréquentes. Les auteurs hawaïens ont de même montré que la plus forte augmentation de taches noires était obtenue par des infestations artificielles — sans blessure — à l'aide de spores de *P. funiculosum* et *F. moniliforme* entre 1 et 7 semaines après le traitement d'induction florale, c'est-à-dire avant l'ouverture des fleurs et l'anthèse (cf. I. 3.1.5.1). La pénétration de la souche pathogène de *P. funiculosum* pourrait se faire par les jeunes trichomes des bractées, mais *F. moniliforme* pourrait prévenir sa pénétration sans toutefois détruire les trichomes.

Selon MOURICHON (1982), cette pénétration précoce se ferait principalement par les canaux nectarifères d'où le mycélium pourrait atteindre les canaux stylaires de l'axe placentaire et les loges ovariennes (photos 99, 100 et 101). Dans le cas du cultivar 'Victoria', la principale pénétration primaire aurait lieu directement par les canaux stylaires. Cependant, à ce stade de développement, le fruit réagit par la formation d'une barrière liégeuse qui bloque le champignon à un stade plus ou moins avancé de sa pénétration. Cette réaction serait à l'origine des taches du type « leathery pocket ». La progression du *Penicillium* ne peut alors qu'éventuellement reprendre à l'approche de la maturation et conduire au faciès « taches noires ». Dans le cas du cultivar Cayenne Lisse, cette phase de latence prendrait fin 3 à 4 semaines avant la récolte du fruit, date qui correspond à un stade de développement important du fruit (cf. I. 3.5.2) et en particulier à un enrichissement en sucres. Il existe donc une relation étroite entre l'évolution de l'indice réfractométrique et celle des taches noires. Cependant, les sucres ne sont pas les seuls facteurs intervenant et dans le cultivar « Perolera », pourtant moins riche en sucres que le Cayenne lisse, l'évolution du faciès « tache noire » débute plus tôt.

Cette pénétration précoce n'est pas la seule possible et les pénétrations tardives en particulier à travers les « craquelures » de la coupe florale provoquent le faciès « tache noires » sans passer par celui du type « leathery pocket » (MOURICHON, 1982).

La faune abondante et variée qui fréquente la coupe florale semble également intervenir dans la contamination (photo 102).

En Afrique du Sud, on estime que les 2 principales espèces rencontrées : un acarien, *Steneotarsonemus ananas* (LE GRICE et MARR, 1970), et la principale cochenille responsable de la maladie du Wilt

(*Pseudococcus brevipes*) étaient impliquées (PETTY G. J., 1978 a). La meilleure preuve en est que des traitements spécifiques à l'égard de ces espèces sont susceptibles de diminuer considérablement l'impact de l'une ou l'autre forme de la maladie. Plus récemment, ce fait a été confirmé aux Iles Hawaï (ROHRBACH *et al.*, 1981) et à l'Ile de la Réunion (VUILLAUME, 1982) où on a dénombré, à côté de *S. ananas*, un autre acarien : *Thyreophagus putrescentiae* et relevé également de nombreuses autres espèces animales dont des thrips et des fourmis.

On ignore encore actuellement si ces espèces servent seulement de vecteurs au pathogène ou si elles permettent également sa pénétration par les blessures qu'elles pourraient provoquer au fond de la coupe florale ou en pénétrant elles-mêmes dans les conduits naturels : la présence possible d'acaridés dans ces loges ovariennes a été mise en évidence (MOURICHON, 1982).

L'apparition des taches noires étant essentiellement saisonnière et chaque région présentant une à plusieurs périodes d'affection intense, MOURICHON (1982) a tenté de lier ces variations à des variations climatiques. Il semble, dans les conditions de Côte-d'Ivoire, que les risques d'infection sont particulièrement élevés quand les semaines précédant le début de la floraison correspondent à une période sèche (période favorable à la dispersion conidienne), faisant suite à une période pluvieuse, période favorable à la multiplication de l'inoculum, le matériel végétal en décomposition constituant la source de pollution. Si ces observations préliminaires se vérifiaient, une action partiellement préventive pourrait être espérée dans l'avenir.

D'autres types d'action semblent possibles. Ainsi, dans le cas du cultivar Victoria, beaucoup plus sensible, dans les conditions de la Réunion, que le Cayenne lisse, VUILLAUME (1982) a observé une diminution significative du nombre de taches par l'application d'une substance (mepiquat chlorure) entraînant une acidification de la chair.

TABLEAU 35

**Incidence d'apports de chaux sur la maladie des taches noires
en Côte-d'Ivoire (GUEROUT, *loc. cit.*)**

Apports de chaux en tonne/ha	Nb de taches noires par fruit	Acidité libre du jus (ml soude N/10 pour 10 ml de jus)	% yeux avec craquelure
0	39,0	6,8	96,3
2,5	27,1	7,6	-
5	25,3	7,6	-
10	15,3	7,6	90,8

Des apports de potasse, qui ont le même effet sur la composition du fruit, ont également diminué l'incidence des taches noires dans d'autres pays (SERRANO, 1934 et THOMSON, 1937, cités par GUÉROUT, *loc. cit.*). Par contre, en Côte-d'Ivoire, c'est une fumure calcique qui l'a sensiblement réduite, sans pour autant affecter parallèlement l'acidité des fruits et le pourcentage de craquelure (cf. tableau 35).

APPROCHES POUR LUTTER CONTRE LES DIFFÉRENTES AFFECTIONS DE LA CHAIR DU FRUIT

— Génétiques

Parmi les cvs couramment cultivés, on observe des différences de sensibilité aux taches noires. Les cvs du groupe Queen sont plus sensibles que ceux du groupe Cayenne, aussi bien en Afrique du Sud qu'à la Réunion et au Queensland. En Côte-d'Ivoire, le groupe Perolera semble plus atteint que le Cayenne (les zones infestées sont moins nombreuses mais plus importantes et évoluent plus rapidement) (MOURICHON). Aux Hawaï, il existe également des différences notables de sensibilité selon les cultivars ; les hybrides comparés sont en général plus atteints que le parent Cayenne, et selon le pathogène inoculé (*Penicillium* ou *Fusarium*). Cette variation de sensibilité pourrait être mise à profit pour mieux connaître la ou les maladies, mettre au point des techniques de lutte et orienter la sélection possible d'hybrides plus résistants.

— Bioécologiques

Divers types de mesures peuvent être envisagés pour limiter l'impact de ces différentes maladies :

- la suppression des bordures arborées qui semblent favoriser certaines de ces maladies ;

- des améliorations dans la nutrition hydrique de la plante, dans le but de limiter les craquelures de l'épiderme de la cavité florale, ou dans la nutrition minérale et plus particulièrement cationique (Ca et K) afin de freiner la progression du mycélium dans les tissus ;

- l'introduction de prédateurs des parasites animaux qui favoriseraient la pénétration des pathogènes impliqués, essentiellement des prédateurs d'acariens tels que *Podothrips lucasseni* Krug.

L'application en pulvérisation de souches non pathogènes de *P. funiculosum* (à pigmentation rouge) a réduit l'incidence naturelle de la maladie aux Hawaï (LIM et ROHRBACH, *loc. cit.*). Ce phénomène qui demande confirmation semble cependant d'application pratique difficile.

— Et naturellement le déplacement de la récolte sur des périodes pendant lesquelles l'incidence de la maladie est faible.

— Chimiques

Depuis fort longtemps et le plus souvent sans succès on a essayé de lutter contre les taches noires par des applications de pesticides (fongicides et/ou insecticides). Réalisées trop tardivement elles furent très souvent peu efficaces.

L'ensemble des travaux entrepris aussi bien en Afrique du Sud (pays précurseur en la matière) (LE GRICE et MARR, 1979) en Côte-d'Ivoire (GUÉROUT, 1974) qu'aux Iles Hawaiï beaucoup plus récemment (ROHRBACH, 1979 ; ROHRBACH *et al.*, 1981) ainsi qu'à l'Île de la Réunion (VUILLAUME, 1982) montrent qu'actuellement on a avantage à intervenir directement contre les constituants de la faune de la coupe florale et plus particulièrement contre les acariens pour le contrôle de la maladie quel que soit son faciès.

Mais l'expérience montre qu'il est indispensable d'intervenir très tôt : dans les semaines qui suivent l'induction florale ou mieux les débiter avant celle-ci (cf. II. 9.4, p. 348).

Une deuxième approche expérimentée en premier lieu aux Iles Hawaiï consiste à empêcher l'ouverture des fleurs en faisant une application d'éthéphon. L'incidence de la maladie est alors réduite, mais cette technique n'est pas sans inconvénient et elle n'est pas passée dans le domaine pratique.

Une dernière peut venir d'une modification de la composition de la chair (accroissement de l'acidité en particulier) avec l'application de substances de croissance telles que le mepiquat chlorure (VUILLAUME, 1982).

I. 4.2.1.3.2. — Maladies bactériennes et à levures

- maladie rose (« pink disease ») ;
- déliquescence du fruit (« fruit collapse ») ;
- pourriture bactérienne du fruit (« bacterial fruit heart rot ») ;
- maladie marbrée (« marbling disease ») ;
- pourriture à levures.

Ces maladies, autrefois mal connues, ont fait l'objet récemment d'études plus approfondies (LIM et LOWINGS, 1979 ; ROHRBACH et PFEIFFER, 1975-1976 a, KONTAXIS, 1978). Il s'agit essentiellement de maladies des fruits, souvent sans symptômes extérieurs évidents et apparaissant de façon épisodique. Leur incidence économique, en général faible, peut pendant un laps de temps limité être très importante.

— *Maladie rose « Pink disease »*

Observée aux Hawaï dès 1915, cette affection a été également reconnue en Australie, en Afrique du Sud et aux Philippines. Elle se manifeste par un brunissement prononcé des tranches consécutif au chauffage indispensable à la stérilisation des conserves (photo 62).

Étant saisonnière, son incidence économique est très variable. Aux Hawaï, elle est nulle en été, mais sur les fruits récoltés en hiver, à chair translucide et peu acide, on a pu enregistrer 50 à 90 % de fruits atteints (BUDDENHAGEN et DULL, 1967). Aux Philippines, la maladie atteint son maximum en septembre, époque à laquelle on a pu dénombrer 42 % de fruits atteints (HINE, 1976).

Les fruits atteints ne montrent aucun signe externe de maladie même parvenus à maturité. Après découpage en tranches, on s'aperçoit que certaines d'entre elles présentent, limitée ou non à un seul œil, une coloration anormale rose à brun clair, et dégagent parfois une odeur de melon mûr (photo 62). Mais, le plus souvent (98 % des cas aux Philippines), les tranches crues semblent normales et c'est le chauffage nécessaire à la stérilisation qui révèle la coloration brune caractéristique. On comprendra aisément les problèmes que cela pose au fabricant de conserves qui dispose cependant sur jus d'un test chimique « in vitro » pour déterminer la sensibilité des fruits à cette anomalie (COLLINS, 1965 ; KEETCH, 1977).

Plusieurs bactéries produisant de l'acide acétique ont été isolées et réinoculées avec succès. Actuellement, on met en cause aux Hawaï (CHO et al., 1978-1980 ; ROHRBACH et PFEIFFER, 1976 a) :

— *Gluconobacter oxydans* (synonyme = *Acetomonas oxydans*) qui entraîne une coloration rose de la chair crue et une odeur de melon également produite en culture (photo 62).

— *Acetobacter aceti* qui fait brunir la chair crue mais sans odeur ;

— *Erwinia herbicola* (synonyme *Enterobacter agglomerans*) la plus virulente mais qui ne produit aucun symptôme avant cuisson (photo 62).

Aux Philippines où aucune odeur de melon n'a été observée, KONTAXIS et HAYWARD (1978) ne distinguent que deux espèces :

— *Gluconobacter oxydans* qui infecte 98 % des fruits atteints, et ne provoque pas de symptômes avant cuisson ;

— *Acetobacter aceti* dans les 2 % des cas restants qui entraîne une coloration rose avant chauffage.

Des bactéries sont présentes en toutes circonstances dans la cavité florale. Leur pénétration éventuelle qui provoque la « pink disease » a lieu au moment de l'ouverture des fleurs qui coïncide avec la production de nectar. La dilution par les pluies — la maladie

semble particulièrement importante quand la floraison a lieu aux premières pluies survenant après une longue saison sèche— favorise la colonisation par des levures puis par des bactéries acétiques (HINE, 1976). Celles-ci pénètrent dans les « yeux » par les conduits nectarifères incomplètement bouchés ou par les craquelures de la coupe florale consécutives aux à-coups de l'alimentation hydrique. Les insectes et acariens joueraient un rôle primordial en assurant la dissémination des bactéries pathogènes.

Pendant longtemps, on n'a pu que constater et subir la « maladie rose », l'essentiel des recommandations étant d'éviter de produire pendant les périodes à risque élevé ou de récolter des fruits à maturité moins avancée. Un certain nombre d'hybrides obtenus aux Hawaii sont beaucoup plus sensibles que la 'Cayenne lisse' (ROHRBACH et PFEIFFER, 1976 a). Une amélioration génétique peut donc être envisagée à l'égard de la sensibilité à cette affection.

Récemment, KONTAXIS (1978) a obtenu une diminution spectaculaire de la maladie à la suite de poudrages répétés au moment de l'anthèse avec du disulfoton. Ce produit agirait à la fois comme toxique et comme répulsif vis-à-vis des insectes et acariens ; par cette technique les pourcentages de fruits atteints ont pu être ramenés de 6 à 0,4 dans une première expérience et de 3,7 à 0,04 dans une seconde.

— Déléguescence du fruit : « fruit collapse »

Le « fruit collapse » est dans la Malaisie péninsulaire, la plus grave des maladies de l'ananas. Elle n'a pas encore été identifiée ailleurs, bien que des symptômes voisins, en général attribués à des levures, aient été observés dans presque tous les pays producteurs (cf. *infra*).

En Malaisie cette affection a été observée dès 1935 (THOMPSON) et JOHNSTON l'attribue sans contexte à une Entérobactériacée : *Erwinia carotovora*, également responsable d'une pourriture bactérienne du cœur des plants non fleuris dans les mêmes champs d'ananas. L'agent pathogène a été ré-identifié en 1972 par LIM comme étant une souche spécialisée d'*Erwinia chrysanthemi*. Les pertes, très variables, peuvent atteindre 58 % des fruits. JOHNSTON (1957 a) estimait à 10-17 % l'incidence moyenne pour l'état de Johore où le cultivar 'Singapore spanish' est cultivé sur tourbe pour la fabrication de conserves.

Les fruits semblent normaux jusqu'à l'approche de la maturité, mais au lieu de se colorer en jaune orangé, ils prennent une teinte vert olive foncé terne, tandis que les bractées ont une coloration jaune terne. Par des fissures entre les yeux de la base commence à s'écouler un exsudat abondant et mousseux. En moins de dix jours, un fruit de taille moyenne peut produire environ 360 ml d'exsudat (LIM, 1978). La chair semble imprégnée d'eau, elle est d'une couleur jaune

verdâtre, et dégage une forte odeur acide caractéristique. En fin d'évolution, elle se liquéfie, il ne reste que les tissus fibreux entourés de l'écorce et le fruit s'effondre sous son propre poids (photo 63). Les bulbilles et la couronne sont épargnées. Des inoculations artificielles par blessures, quelques semaines avant la récolte, montrent que la maladie évolue très rapidement : 4 jours après l'inoculation 80 % du volume du fruit sont pourris et on peut recueillir jusqu'à 16 ml d'exsudat par heure (JOHNSTON, 1957 a). Sans blessure, les inoculations ne réussissent que lorsque les fleurs sont ouvertes, et c'est à ce moment que doit se situer via les canaux stylaires l'infection naturelle (LIM et LOWINGS, 1979).

Des insectes et plus particulièrement des fourmis en visitant les fleurs favorisent le développement de la maladie. LIM et LOWINGS, 1982 ont obtenu une corrélation très significative ($r = 0,91$) entre les populations de fourmis existantes au moment de la floraison et la fréquence de la maladie. La distribution de la maladie sur le terrain confirme l'implication des fourmis. Le fait par ailleurs que la suppression de l'anthèse et de la production de nectar diminue sensiblement l'incidence de la maladie (LIM et LOWINGS, 1979) amène à la même conclusion.

Dans la tourbe et les eaux de drainage, la survie de *E. chrysanthemi* est très courte, 1 et 4 jours respectivement. Elle est un peu plus longue sur les feuilles des plants ayant porté des fruits pourris : 2 à 3 semaines (LIM, 1978), le système de culture pratiqué permettant la présence côte à côte de plants à tout stade de développement peut expliquer la présence continue de la bactérie tout au long de l'année.

Les observations directes (JOHNSTON, 1957 a) ou après inoculation (LIM, 1971 ; LIM et LOWINGS, 1979) ont montré que le groupe 'Cayenne' était très peu atteint contrairement au groupe 'Queen' et surtout 'Spanish' (auquel appartient le cultivar 'Singapore Spanish').

L'amélioration génétique semble donc être la meilleure approche pour lutter contre cette anomalie et doit viser à allier la tolérance des 'Cayenne' aux avantages locaux du cv Singapore Spanish.

La lutte peut également être envisagée à la lumière des travaux de LIM (1978) et KONTAXIS (1978) par des applications bactéricides ou insecticides juste avant et pendant la floraison vraie. Mais pour qu'elles puissent être efficaces dans le contexte local, LIM suggère de limiter l'étalement des inductions florales (tous les 120 jours au lieu de tous les 80). Des pulvérisations plus tardives d'antibiotiques et de produits cupriques n'ont donné aucun résultat et le blocage de l'épanouissement des fleurs par l'éthéphon est d'un emploi onéreux et délicat compte tenu des risques d'induction florale sur les plants voisins étant donné le système de culture en usage.

Maladie de la Fusariose
(*Fusarium moniliforme*
subglutinans)

PHOTO 54. — Altération de différentes parties de la plante.

(Cliché Giacomelli).



PHOTO 55. — Aspect de la chair d'un fruit atteint.

(Cliché Py).

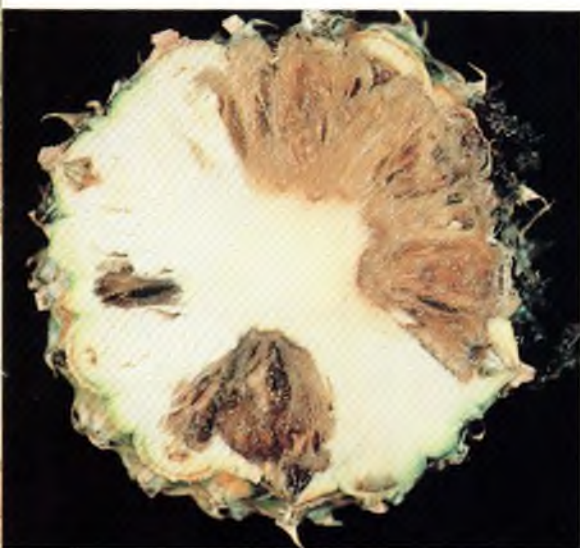


PHOTO 56. — Détail de la chair d'un fruit atteint.

(Cliché Giacomelli).



PHOTO 57. — Manifestations extérieures d'un fruit atteint : exsudation à partir d'un « œil » habituellement déprimé.

(Cliché Giacomelli).

**Maladie des taches noires - I. Symptômes
et description des altérations**
(*Penicillium* sp. et *Fusarium* sp.)



PHOTO 58. — Vue d'ensemble de la section d'un fruit dont les fleurs ont été contaminées artificiellement.

(Cliché Mourichon).

PHOTO 59. — Détail d'un « œil » gravement infesté (sur cultivar Perolera).

(Cliché Teisson).



PHOTOS 60 et 61. — Deux stades du « leathery pocket ».

(Cliché Mourichon).



(Voir également la planche « noir et blanc » n° 29. Photos nos 99, 100, 101 et 102).

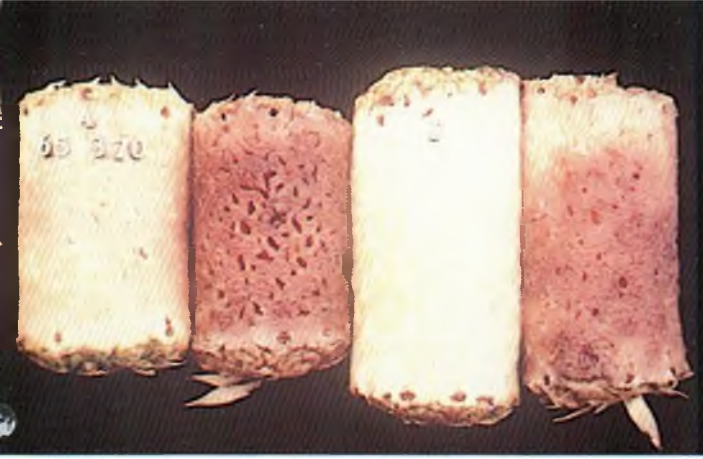


PHOTO 62. — « Pink disease ». Les deux cylindres de gauche sont atteints par *Gluconobacter oxydans*, ceux de droite par *Erwinia herbicola*. Pour chacun de ces couples de cylindres, celui de droite a été porté à température de stérilisation, celui de gauche ne l'a pas été. Avec *G. oxydans*, la chair est déjà teintée de rose avant cuisson. Ce n'est pas le cas avec *E. herbicola*.

(Cliché Rohrbach).

PHOTO 63. — Coupe longitudinale d'un fruit atteint de « déliquescence » (fruit collapse) due à *Erwinia chrysanthemi*.

(Cliché Lim).

PHOTO 64. — Fermentation interne due à *Saccharomyces* sp.

(Cliché : Citrus and Subtropical Fruit Research Institute - Afrique du Sud).



PHOTO 65. — Pourriture bactérienne après altération de la peau due à un coup de soleil.

(Cliché Guyot).



Maladie du Wilt - I. Symptômes
(*Dysmicoccus brevipes*)

PHOTOS 66 et 67. — Divers types de manifestation de la maladie sur jeunes plants et plants adultes.

(Clichés Vilardebo et Teisson).



PHOTOS 68 et 69. — Divers types de manifestation de la maladie sur fruit.

(Clichés Py).



— *Pourriture bactérienne du cœur : « bacterial heart rot »*

Cette affection, comme la précédente, n'a été observée que dans les conditions très particulières de culture de l'ananas en Malaisie. Ses symptômes, rappelant ceux de la pourriture du cœur à *Phytophthora*, s'observent sur des plants âgés de 3 à 6 mois. Le premier signe est un changement d'aspect des plus jeunes feuilles du cœur. La base semble imprégnée d'eau et leur partie chlorophyllienne prend une couleur verte plus foncée que la normale. L'infection progressant vers l'apex peut gagner toute la feuille qui prend alors une teinte jaune verdâtre terne mais elle peut être arrêtée dans sa progression et la zone atteinte est alors limitée par une ou plusieurs bandes brunes à violacées caractéristiques (JOHNSTON, 1957 b). La rosette centrale est pourrie et peut être facilement enlevée. L'infection s'étend à la partie supérieure de la tige et le bourgeon terminal est détruit par une pourriture molle. En général, un plant atteint n'est pas entièrement tué et émet des bourgeons latéraux.

La pourriture bactérienne du cœur est causée par les mêmes souches de *E. chrysanthemi* responsables du « fruit collapse ».

Les essais de lutte chimique par pulvérisations de produits cupriques ou de streptomycine n'ont pas donné de résultats positifs (JOHNSTON, 1957).

— *Maladie marbrée : « marbling disease »*

Beaucoup moins bien connue que les précédentes, cette maladie se caractérise, en l'absence de tout symptôme externe, par la présence de zones brunes ou rougeâtres, craquantes et dures, à mi-distance entre la peau et le cœur mais plus particulièrement dans l'axe des yeux. Elle est facilement confondue avec le faciès « sec » de la maladie des taches noires (« fruitlet core rot »).

Aux Iles Hawaii, ROHRBACH et PFEIFFER (1974) ont identifié un *Acetobacter* comme agent causal de la maladie. Là encore, la bactérie pénètre à l'intérieur des fleurs individuelles (« yeux ») par les canaux stylaires et nectarifères au moment de la floraison.

L'apparition de la maladie semble le plus souvent liée à un changement climatique brutal. A Taïwan, on a relevé un haut pourcentage de fruits atteints 7 semaines après une averse soudaine qui avait fait baisser la température de 10° C en 1 à 2 heures (YI-LONG et YUENG-CHIN, 1972). En Afrique du Sud, c'est au printemps que l'on relève les plus hauts pourcentages, en Afrique Occidentale (Côte-d'Ivoire, Guinée...) aux premières pluies après une longue saison sèche ; au Mexique : pendant les mois les plus chauds (LINFORD, 1952).

En Australie, on a constaté que les fruits atteints étaient à la

fois peu acides et peu sucrés... mais on ne sait si cet état est nécessaire au développement de la maladie ou si c'est une conséquence de celle-ci (cité par KEETCH, 1977 b).

Il existerait dans le cas présent également des différences sensibles entre cultivars, ce qui laisserait penser qu'une approche génétique est possible pour lutter contre cette affection de la chair. Une lutte chimique à base de bactéricides n'a donné que peu de résultats... Il est habituellement conseillé, pour tenter de se soustraire aux conséquences de la maladie, d'orienter la production sur les mois pendant lesquels les risques d'apparition de celle-ci sont faibles.

Une marbrure des fruits, attribuée à *Erwinia ananas* a été également observée au Mexique en 1949 (GARCIA ESPINOSA et ADAM, 1972).

— Pourriture à levures

Ce type de maladie est connu de tous les pays producteurs. La maladie se manifeste en plein champ sur fruit sur pied... comme après récolte en cours de stockage. Dans tous les cas, elle se déclare sur des fruits de maturité avancée. Le pathogène pénètre dans le fruit à la faveur d'une blessure, de quelque nature qu'elle soit, et s'y développe rapidement.

Aucun symptôme extérieur ne permet de déceler la présence de la levure à l'intérieur du fruit ; ce n'est que quand on constate des exsudations mousseuses d'un liquide visqueux que l'on sait que la maladie a déjà altéré une partie importante de la chair du fruit (photo 64). A ce stade, la peau prend progressivement une teinte brune caractéristique. En coupe, on constate, en dehors de vastes cavités correspondant à des tissus dégradés où se sont développées les fermentations, des zones de couleur jaune éclatant d'où se dégage une odeur de fermentation plus ou moins alcoolisée. A un stade plus avancé, on n'a plus qu'une peau entourant une masse de tissus devenus spongieux (KEETCH, 1977 c). La couleur de la chair et l'odeur alcoolisée distinguent facilement ce genre de pourriture de la « déliquescence » du fruit (« fruit collapse ») de Malaisie.

Plusieurs espèces de levures peuvent être impliquées dans ces fermentations ; le plus souvent ce sont des *Saccharomyces*.

Sur fruit avant récolte, la maladie apparaît le plus souvent de façon très épisodique. C'est par temps à la fois très chaud et très humide, faisant suite à une longue période sèche, que les risques sont les plus élevés : le changement de régime hydrique favorise la formation de craquelures de croissance, alors que les conditions sont par ailleurs très favorables aux pathogènes. En Afrique de l'Ouest en particulier on a observé cet accident à la suite d'irrigations abondantes sur des plants porteurs de fruits proches du stade récolte qui avaient souffert jusqu'alors d'un déficit hydrique sévère. Pour l'éviter il est donc nécessaire d'assurer une alimentation hydrique régulière.

Comme dans le cas des maladies dues à la pénétration des *Penicillium* sp et *Fusarium* sp dans les fleurs, on ne peut obtenir éventuellement certains résultats positifs qu'en intervenant contre les vecteur (cf. II. 9, p. 349).

I. 4.2.2. — Maladies dues à des virus ou des toxines — Maladies affectant l'ensemble de la plante

I. 4.2.2.1. — MALADIE DU « YELLOW SPOT »

La maladie du « Yellow spot » est due à un virus de diverses adventices transmis aux plantes cultivées par des Thrips ; elle affecte plus particulièrement les fruits.

La maladie peut causer des pertes importantes aux récoltes, surtout dans les plantations à base de couronnes, principalement aux Iles Hawaï (où elle fut découverte pour la première fois en 1926 sur l'île d'Oahu), aux Philippines, en Australie (LEWCOCK, 1937) et en Afrique du Sud (KEETCH, 1977 d).

Cependant, depuis que les plantations sont maintenues parfaitement propres, la maladie a perdu beaucoup de son importance économique, elle n'est pas signalée en Afrique Occidentale où la très grande majorité des plantations sont réalisées avec des cayeux.

Principaux symptômes

— *Sur jeunes plants* : les premières manifestations de la maladie se caractérisent par la présence de petites taches rondes (2 à 15 mm), de couleur jaunâtre (d'où le nom de cette maladie), sur la face supérieure de la feuille (COLLINS, 1960). Leur coalescence et leur extension vers la base de la feuille conduit à la formation de bandes de même coloration mais qui ne tardent pas à se nécroser (photo 74). L'infection passe de la feuille atteinte à la jeune feuille placée juste au dessus par le point d'attache sur la tige, elle gagne ainsi, de proche en proche, le centre de la rosette de feuilles et le méristème terminal ce qui entraîne d'abord une courbure de la plante, caractéristique de la maladie, suivie le plus souvent quelques semaines plus tard de sa mort.

Un environnement humide et frais est particulièrement favorable au développement de la maladie (LEWCOCK, 1937). En zone peu arrosée et chaude son importance est réduite, ce qui contribuerait à expliquer qu'elle n'est pas considérée comme ayant une importance économique dans les zones de culture de faible altitude, proches de la ligne équatoriale.

— *Sur fruits* : la maladie peut prendre différents aspects. Quand

l'infection part de la couronne (qui présente alors les mêmes symptômes que ceux indiqués sur jeunes plants), on assiste à une nécrose progressive de la partie supérieure du fruit qui peut dégénérer en pourriture avec l'intervention de pathogènes secondaires tandis que la couronne se dessèche complètement (photo 75).

Quand l'infection part d'un « œil » au moment de la floraison, celui-ci se développe mal, prend une couleur jaunâtre, puis brunâtre avant que les tissus finissent par se nécroser. La maladie peut se propager aux yeux voisins, la surface du fruit en formation se déprime alors progressivement entraînant une courbure du fruit, il n'y a habituellement pas formation de couronnes, et à l'intérieur du fruit peut se développer une cavité plus ou moins profonde, aux parois sèches, de couleur foncée ; à moins qu'à la faveur de craquelures formées à la suite de l'altération de l'épiderme se développent des infections secondaires.

Agents causals de la maladie — Éléments de biologie les concernant

Les taches jaunes des feuilles et le défaut de développement des ovaires correspondent aux points d'alimentation des Thrips qui transmettent un virus qui serait identique à celui de la tomate (responsable du « Tomato spotted Wilt ») (SAKIMURA, signalé par AUBERT, 1980).

Quatre espèces ont été reconnues « vecteurs » de la maladie. Deux en Afrique du Sud (PETTY, 1978 b) :

- *Thrips tabaci* (Linderman) ;
 - *Frankliniella schultzei* (Trybom) ;
- et deux aux Iles Hawaï (SAKIMURA, 1966) :
- *Frankliniella occidentalis* (Pergande) ;
 - *Frankliniella fusca* (Hinds).

Les femelles de *T. tabaci* sont habituellement abondantes alors que les mâles sont rares. La reproduction est parthénogénétique. L'adulte de couleur jaunâtre et mesurant 1,5 mm de long est muni d'ailes allongées, fortement striées et pourvues de longs poils très fins.

F. schultzei se distingue de l'espèce précédente par quelques caractéristiques anatomiques (PETTY, 1978 b).

Comme chez toutes les espèces de Thrips parasites, les œufs sont insérés dans les tissus de la plante ; ils éclosent au bout de 5 à 10 jours, la larve passe par quatre stades successifs d'une durée totale de 15 à 30 jours. La larve acquiert le virus en se nourrissant sur les plants infestés (il survit aux mues successives) et l'adulte qui en est issu, est capable de transmettre la maladie, mais les adultes qui ne sont pas issus de larves porteuses du virus se nourrissant sur des plants infestés n'acquièrent pas la possibilité d'infester et, de ce fait,

ne sont pas capables de transmettre la maladie (LINFORD, 1932 b ; SMITH K. M., 1973).

Selon SAKIMURA (1962) (cité par SMITH K. M.), il faut un laps de temps minimum de 15 mn pour que le Thrips acquière un pouvoir infectant et une incubation de 4 à 18 jours, variable suivant l'espèce de Thrips considérée, est nécessaire pour que se développe la capacité à transmettre le virus.

Le virus a une très large gamme de plantes-hôtes aussi bien parmi les monocotylédones que parmi les dicotylédones (SMITH K. M., 1973).

Parmi les adventices fréquemment rencontrées en culture d'ananas on peut citer :

- *Emilia sonchifolia* ;
- *Emilia sagittata* ;
- *Bidens pilosa* ;
- *Datura stramonium*.

Mais, outre le tabac, de nombreuses espèces légumières et florales peuvent être des réservoirs de virus : tomate, aubergine, certains types de haricot et de pois, pomme de terre... pétunia.

Approches pour lutter contre la maladie

En évitant de faire appel à des couronnes comme matériel végétatif de plantation, les risques de maladie sont sensiblement réduits. Il en est de même si on évite d'avoir des plantes-hôtes dans le voisinage et, surtout bien entendu, en culture intercalaire. Une des principales « mesure préventive » consiste à maintenir parfaitement propres les plantations d'ananas (II.9.6, p. 349). Une destruction des adventices après les avoir laissées s'installer peut se traduire cependant par un accroissement momentané de la maladie : conséquence d'un report des thrips vecteurs sur les ananas (SAKIMURA, 1966).

Des interventions directes contre les Thrips se sont révélées relativement peu efficaces du fait de leur transport aisé par le vent. Une lutte biologique a été tentée aux Iles Hawaï par l'introduction d'une guêpe : *Thripoctenus brui*.

I.4.2.2.2. — MALADIE DU « WILT » DUE À *Dysmicoccus* spp (ATTRIBUÉ À UN « VIRUS LATENT »)

On connaît mal la nature de la maladie ; elle est étroitement liée à l'alimentation de deux espèces de cochenilles *Dysmicoccus* spp. qui par elles-mêmes ne sont pas considérées comme dangereuses pour l'ananas, mais qui, cependant, ne peuvent être dissociées de la maladie.

Elle se manifeste par l'apparition d'une succession de symptômes, les premiers intéressant le système racinaire, puis l'appareil foliaire et, éventuellement, l'appareil de reproduction.

Importance économique

La maladie du Wilt est très répandue dans le monde. Le nombre de pieds affectés dans une plantation peut être variable. Il n'est pas exceptionnel qu'il dépasse 50 %. Dans le cas où un plant atteint produit un fruit, celui-ci n'a habituellement pas de valeur commerciale. En conséquence, les pertes de rendement peuvent être considérables.

L'existence de cette maladie contraint, par ailleurs, les producteurs des pays à coût de main-d'œuvre élevé, à s'équiper en matériel de traitement important, ce qui ne manque pas de peser lourdement sur les coûts de production, et de se traduire dans la pratique par un ensemble de contraintes dont il y a lieu de tenir le plus grand compte dans le choix des implantations (cf. II. 2).

Principaux symptômes de la maladie

Dès 1933, CARTER a défini quatre stades de développement de la maladie sur plants adultes, appartenant au cultivar 'Cayenne lisse', lors d'une comparaison avec le flétrissement dû à la sécheresse (CARTER, 1933). Ils peuvent se résumer comme suit (photos 66 et 69).

1^{er} stade

Apparition d'une couleur rouge bronzé sur les feuilles du 3^e ou 4^e rang (à partir du cœur), les marges des feuilles tendent à s'incurver vers la face inférieure, mais leurs extrémités restent érigées.

2^e stade

La couleur des feuilles tend vers le rose vif et le jaune ; elles perdent leur turgescence, leurs extrémités prennent une teinte brunâtre avec apparition de taches plus ou moins nécrotiques ; occasionnellement, les extrémités tendent à s'incurver vers le sol.

3^e stade

Les feuilles des rangs 4 et 5 s'incurvent vers l'extérieur, leurs zones marginales prennent une teinte jaune tandis que les parties médianes deviennent rose vif avec une tendance des extrémités à s'enrouler.

4^e stade

Les feuilles les plus jeunes sont dressées mais manquent de turgescence. Les extrémités de la majorité des autres feuilles sont

enroulées, plus ou moins flétries, et de couleur tendant vers le beige, celles qui sont restées vertes sont ternes avec des taches éparses jaunâtres.

Mais avant que n'apparaissent ces symptômes, il y a altération du système racinaire, très difficilement décelable à l'arrachage des plants et, dans le cas d'infestation par les races sexuées des deux parasites, apparition sur le feuillage de taches circulaires de couleur verte plus prononcée que le reste de la feuille (« green spotting ») correspondant aux points d'alimentation des cochenilles (LIM, 1972) (photo 70). Elles apparaissent 5 à 12 jours environ après le début de l'alimentation. Elles indiquent la présence de cochenilles, mais les plants qui présentent ces symptômes ne sont pas pour autant automatiquement atteints de la maladie par la suite. Quand les symptômes foliaires apparaissent sur le plant ayant différencié depuis peu leurs inflorescences, celles-ci se dessèchent progressivement sans pouvoir donner un fruit commercialisable. Si la maladie se manifeste plus tardivement : un à deux mois avant la date habituelle de la récolte, les « yeux » cessent de se remplir et restent proéminents, la chair est fibreuse et acide... le fruit n'a pratiquement pas de valeur marchande. Dans le cas d'attaque sur plant jeune, au bout d'un certain nombre de mois, si les conditions d'environnement sont favorables, la plante émet habituellement de nouvelles feuilles turgescentes rejetant vers l'extérieur de la rosette de feuilles, les feuilles plus anciennes qui présentaient les symptômes de la maladie ; la plante est sur la voie de la guérison mais son développement foliaire (en ne considérant que les feuilles fonctionnelles) au moment de l'induction florale (le plus souvent provoquée artificiellement) étant très inférieur à celui des plants voisins sains, elle ne pourra donner qu'un fruit beaucoup plus petit de faible valeur marchande (photo 68 et 69). Cette « guérison » est, bien entendu, activée si l'on met à la disposition de la plante des éléments fertilisants, plus particulièrement de l'azote, et dans le cas de déficit hydrique, si l'on irrigue.

Contrairement à ce qui se passe dans le cas du flétrissement causé par la sécheresse, le flétrissement dû à la maladie causée par la cochenille farineuse est le plus souvent rapide, d'où le terme de « quick wilt » souvent utilisé, et n'est pas lié au terrain : on ne constate pas, en effet, des zones où tous les plants présentent un flétrissement plus ou moins prononcé avec autour de celles-ci des dégradés de symptômes en anneaux concentriques ; mais des plants flétris isolés, ou en plage d'importance réduite, qui avoisinent des plants apparemment normaux, provoquant une très grande hétérogénéité (photo 71).

La manifestation des symptômes : date d'apparition (à partir de l'infestation des cochenilles), leur intensité et leur évolution, est fonction d'un grand nombre de facteurs et, en particulier :

- de facteurs liés à la cochenille,
- de facteurs intrinsèques à la plante : âge de la plante, variété...,
- de l'environnement (climat).

Entre l'infestation et l'apparition des premiers symptômes de la maladie, il s'écoule un temps « d'incubation » qui peut être très variable.

A Hawaï, CARTER (1939) a montré, au cours d'une expérimentation conduite dans des conditions favorables au développement de la maladie, que la croissance des racines était affectée à partir du 42^e jour qui suit l'infestation contrôlée, mais que les premiers symptômes foliaires apparaissent entre le 63^e et le 82^e jour (la période de développement des symptômes pouvant s'étendre sur 295 jours) (CARTER, 1945). Cette période de latence entre infestation et apparition des premiers symptômes est fonction :

- de l'âge de la plante ; dans les conditions guinéennes, elle est de 2 à 3 mois pour les plants âgés de 5 mois, et de 4 à 5 pour ceux âgés de 9 mois (VILARDEBO, 1955),
- du temps d'alimentation des cochenilles,
- de leur nombre.

Cet « effet de masse » est bien mis en évidence dans le tableau 36 emprunté à LIM (1972).

TABLEAU 36

% de pieds wiltés en fonction du nombre de cochenilles par plant
(CARTER, 1937)

Nbre total de cochenilles utilisées dans l'expéri- mentation	120	600	1200	3000	6000	12,000
Nbre de cochenilles/plant	1	5	10	25	50	100
% de pieds wiltés	5	17	19	59	66	80

Le tableau 37 qui le complète montre également clairement l'intensité des effets de la maladie en fonction de celui-ci.

Ce temps « d'incubation » explique qu'en partant de rejets récoltés apparemment sains, sur champ où aucune lutte n'avait été entreprise (donc assez sérieusement infesté), GUÉROUT (1972) ait obtenu,

TABLEAU 37

**Effets d'infestations contrôlées de cochenilles
sur les caractéristiques foliaires et racinaires
de plants âgés de 5 mois, issus de boutures de feuilles**

Mesures réalisées 110 jours après l'infestation (LIM, 1972)

Traitements	Nbre de cochenilles par plant	Surface foliaire par plant (cm ²)	Nbre de feuilles par plant	Longueur de la plus longue feuille (cm)	Largeur de la feuille la plus large (cm)	Poids sec des feuilles (gr)	Poids sec des racines (gr)	Longueur de la racine la plus longue (cm)	Nbre de racines par plante
A	0	1 029,0	25,0	34,9	4,2	11,5	1,8	48,7	14,8
B	10	498,8	19,6	23,5	3,1	5,6	0,8	29,9	12,6
C	20	501,6	19,8	23,2	3,0	5,5	0,8	23,3	13,0
D	30	351,8	18,0	24,4	2,9	3,0	0,6	29,4	16,0
Différences		***	***	***	***	***	***	***	NS
P.P.D.S. (5%)		145,8	2,8	3,0	0,4	2,4	0,3	5,6	4,7
C.V. %		17,8	9,8	8,2	8,1	26,8	20,3	12,	22,3

NS : non signification

*** : significatif à 1 %

pendant 24 semaines, sur la moitié du lot de rejets, préalablement désinfectés, mis en terre et traités régulièrement, autant de pieds atteints de la maladie que sur la seconde moitié, mis en terre à la même date, mais sur lesquels aucune lutte n'avait été entreprise. Pendant les 60 semaines suivantes, par contre, l'auteur a relevé dix fois plus de cas de wilt dans le second cas que dans le premier. Ce « wilt précoce » obtenu indépendamment des traitements insecticides, est bien la manifestation extérieure du wilt induit par l'alimentation des cochenilles sur le pied-mère ou le rejet pendant sa période de croissance-développement sur celui-ci.

La localisation des implantations de cochenilles aurait, par ailleurs, une certaine incidence sur les symptômes de la maladie (LEE, 1968).

Mais il y aurait de plus, de grandes différences de sensibilité entre plants (CARTER, 1937) ce qui se traduit, dans les résultats d'expérimentation par d'importantes différences dans l'expression des symptômes.

Les conditions climatiques ont, de leur côté, une incidence très importante sur les symptômes de la maladie ; s'ils sont habituellement bien marqués en régions (ou périodes) ensoleillées et chaudes, ils sont souvent très atténués en régions (ou périodes) froides et nébuleuses : les nuances rose rougeâtre n'apparaissent souvent pas et la perte de turgescence est parfois limitée : les feuilles prennent une couleur jaunâtre et se ponctuent de taches brunâtres qui finissent par se nécroser.

Si l'induction de la maladie par les cochenilles intervient peu avant une période peu favorable à l'expression des symptômes, ceux-ci peuvent n'apparaître que beaucoup plus tard : quand les conditions du milieu redeviennent favorables (VILARDEBO, 1955). Le temps pendant lequel se maintiennent les symptômes peut enfin varier considérablement. Dans la partie orientale de la Côte-d'Ivoire, à insolation relativement faible, l'arrêt de croissance n'est qu'habituellement que de 6 à 8 semaines, alors qu'il est usuellement beaucoup plus long dans les zones centrales du pays, beaucoup plus ensoleillées (GUÉROUT, 1972).

Les espèces de cochenilles responsables du Wilt.

Quelques données sur leur biologie.

Leurs relations avec diverses espèces de fourmis

Deux espèces d'Homoptères Pseudococcines appartenant au genre *Dysmicoccus*, sont reconnues responsables de la maladie du Wilt :

— *Dysmicoccus brevipes* (CKE), strictement parthénogénétique

à Hawaï, mais dont on connaît une race sexuée en Afrique occidentale (BEARDSLEY, 1965), aux Antilles et en Malaisie (LIM, 1972).

— *Dysmicoccus neobrevipes* (BEARDSLEY) qui se distingue de la première par différentes caractéristiques morphologiques et physiologiques, est également sexuée. Jusqu'à présent, on ne signale sa présence qu'aux Iles Hawaï.

La première dont la race parthénogénétique ne provoque pas le « green spotting » sur feuilles, alors que la race sexuée le peut, se reconnaît aisément par la couleur rose de la femelle. On la rencontre sur beaucoup de plantes hôtes. Sur ananas les colonies se localisent plus particulièrement au collet de la plante (base de la face inférieure des feuilles).

La femelle de la seconde, dont on ne connaît qu'une race sexuée, également capable de produire le « green spotting », est de couleur grise typique ; on la rencontre essentiellement sur la partie supérieure des jeunes feuilles du cœur de la rosette.

Les adultes femelles de l'une ou l'autre espèce mesurent environ 3 mm de long sur 2 mm de large, elles sont recouvertes d'une couche cireuse blanchâtre secrétée par l'animal masquant plus ou moins la coloration de leur corps. Les mâles ailés sont très effilés.

D'après PETTY (1978 a), la femelle asexuée de *Dysmicoccus brevipes* à 23° C mue trois fois en une moyenne de 34 jours, et 27 jours plus tard, commence à pondre. Au bout de 25 jours de ponte, elle a engendré une moyenne de 234 descendants. Elle vit, en moyenne, 90 jours. Dans des conditions de température analogues, la femelle sexuée a une durée moyenne de vie un peu plus longue : 95 jours et une descendance un peu plus nombreuse (250 en moyenne). La femelle non fécondée, de son côté, vit en moyenne 148 jours, et le mâle 37 jours. Le sex ratio chez la race sexuée de *D. brevipes* peut varier considérablement suivant les conditions d'environnement (REAL, 1959), il peut être très différent notamment entre populations présentes dans la nature et populations d'élevage, d'où la grande complexité des mécanismes démographiques de ces espèces. Sous certaines conditions, les populations baissent brutalement à la suite d'un taux de survie décroissant rapidement, alors que sous d'autres on assiste à une véritable explosion de population à partir des seconds stades restés en « latence ». En Côte-d'Ivoire, ce serait quand les températures maximales se maintiennent entre 30° 5 C et 31° 5 C et les humidités diurnes entre 61,5 % et 64,5 %, que les conditions sont les plus favorables à une multiplication explosive (REAL, 1959).

En conditions naturelles favorables et en l'absence de toute lutte, les cochenilles sont toujours groupées en colonies plus ou moins importantes (ce qui a permis de mettre au point, pour suivre des expérimentations en plein champ, une échelle d'infestation (VILARDEBO

et GUÉROUT, 1966). Elles sont habituellement localisées entre deux feuilles superposées de la base de la plante. En dehors de ces zones privilégiées, on les rencontre sous des abris de terre et de débris végétaux (sans lesquels elles ne pourraient subsister), aménagés par des fourmis qui vivent en étroite association avec elles (photos 72 et 73). Cette association est profitable aux deux parties : les fourmis protègent les cochenilles et les débarrassent de leur miellat qu'elles consomment.

En l'absence de fourmis, les larves s'empêtrant dans le miellat, qui, par ailleurs, est rapidement envahi par différents types de pathogènes (PETTY, 1978 a). RAI et SINHA (1980), ont observé que quinze jours après la destruction des fourmis, les abris aménagés par celles-ci s'effondrent, et que, les trois quart des cochenilles qui y étaient abritées périssent. Les fourmis, par ailleurs, favorisent leurs déplacements sur un même pied, et d'un pied à l'autre, en fonction de l'intérêt que peut présenter le support pour l'alimentation des cochenilles. Avant même l'apparition des premiers symptômes du Wilt, les plants devenant impropres à une alimentation normale, les cochenilles parfois aidées par les fourmis émigrent sur un pied voisin plus turgescent, ce qui contribue à l'extension de la maladie et explique le fait que l'on rencontre relativement peu de cochenilles sur les pieds flétris : elles sont habituellement sur les plants avoisinants.

Mais les migrations peuvent être beaucoup plus importantes ; REAL (1959) suivant, en Côte-d'Ivoire, la progression d'une population de cochenilles dans une plantation d'ananas non traitée, à partir d'une zone d'infestation, a noté au bout de neuf mois, une pénétration de 125 mètres.

En l'absence de fourmis, les déplacements des cochenilles sont sensiblement moindres et, de ce fait, le faciès de la maladie en plantation peut être modifié : au lieu d'avoir en présence de fourmis, des plages de plants atteints par la maladie, on a, le plus souvent, en leur absence, un « Wilt » très disséminé, caractérisé par des pieds isolés (CARTER, 1960).

L'espèce de fourmi la plus répandue en culture d'ananas est *Pheidole megacephala*, ses déplacements par galeries plus ou moins profondes autour d'un nid ont été étudiés, plus particulièrement en Côte-d'Ivoire, par MORTREUIL et BRADER (1960) en faisant appel à du phosphore 32. Ce travail a montré que la zone d'influence d'un nid se trouve habituellement à l'intérieur d'un cercle de 7 à 8 mètres de rayon.

En Côte-d'Ivoire on rencontre également en plantation d'ananas *Componotus* sp. pouvant nidifier jusqu'à 80 cm de profondeur, et *Crematogaster* sp. qui nidifie dans les arbres mais sur lequel on ne dispose d'aucune donnée concernant la biologie.

Outre les deux premières espèces on a identifié une espèce du

genre *Anoploleptis* à Taïwan (LEE, 1974) et deux à Guyana : *Solenopsis* sp. et *Aracomyrmex* (RAI et SINHA, 1980). La première ne se rencontrerait que dans un rayon de trois mètres autour du nid dont elle dépend et n'aurait qu'une activité nocturne. Plus de 100 nids/ha ont été dénombrés dans le cas de la première et plus de 2 000 dans le cas de la seconde que l'on ne rencontre jamais en même temps que la première.

L'ananas est loin d'être la seule plante hôte pour l'association cochenilles-fourmis : RAI et SINHA signalent en particulier leur présence à Guyana sur une adventice locale très répandue : *Solanum stramonifolium* (Jack.).

L'agent causal du Wilt : Toxine, virus...

Pendant longtemps CARTER (1939) a pensé que seule la salive de la cochenille transférée aux racines par la sève était l'agent causal qui entraînait leur dégénérescence, premier symptôme de la maladie d'où l'hypothèse d'une toxine dans celle-ci.

À l'appui de cette hypothèse, l'auteur avançait le fait qu'il existe une relation étroite entre l'importance de la maladie et le nombre de cochenilles d'une part, et la durée d'alimentation de celles-ci d'autre part. Mais toutes les cochenilles ne sont pas porteuses de « l'agent causal » : à leur naissance les cochenilles ne sont pas porteuses de celui-ci, elles ne deviennent, éventuellement, « source positive » qu'ultérieurement au cours de leur transfert d'un plant à l'autre.

À partir de 1951, il est alors devenu évident à CARTER que l'hypothèse d'une toxine ne pouvait être entièrement satisfaisante d'où la notion d'un « facteur latent précurseur » (CARTER et ITO, 1956) dont les effets viendraient se surajouter à la toxine ce qui expliquerait la transmissibilité par voie de multiplication végétative de l'agent causal (CARTER, 1963).

Des cultivars ne présentant aucun symptôme visible de la maladie, et de ce fait considérés comme résistants à celle-ci, peuvent constituer des « sources positives » du facteur latent, particulièrement virulent ; par contre, des seedlings d'ananas ou d'autres plantes hôtes telles que des graminées, se sont révélés être incapables de transmettre aux cochenilles le pouvoir d'induire la maladie d'où leur dénomination de « sources négatives ».

L'ensemble de ces constatations a amené CARTER (1956) à émettre l'hypothèse que l'on pouvait avoir affaire à un « facteur latent » de nature virale, d'un type non connu (mais il n'a pu être mis en évidence à ce jour) ce qui l'a amené à parler d'un « virus latent » ne se manifestant par aucun symptôme visible, mais qui « conditionnerait » le substrat nutritionnel à partir duquel la cochenille synthétiserait ses sécrétions toxiques. En l'absence de ré-infestation impor-

tante, le « virus latent » verrait sa virulence s'atténuer progressivement et pourrait devenir « occulte » (CARTER, 1963). Cette notion de « virus latent » pourrait expliquer l'existence de zones (le plus souvent isolées) apparemment favorables à la maladie, mais qui restent exemptes de celle-ci malgré la présence d'importantes colonies de cochenilles...

Quelle que soit la nature du « facteur latent » son activité est fortement influencée par l'environnement et, plus particulièrement, par des facteurs climatiques, comme c'est souvent le cas avec certains types de virus. Ceci pourrait expliquer que des lots de plants malades introduits dans une zone climatique peu ensoleillée peuvent voir, en l'absence de tout traitement, la maladie s'atténuer progressivement pour finir par disparaître, alors que les populations de cochenilles restent élevées.

Approches pour lutter contre la maladie

L'ensemble des données ci-dessus montrent que le contrôle de la maladie passe impérativement par le contrôle de la cochenille.

Approche génétique

Il existe d'importantes différences de comportement entre cultivars à l'égard de la maladie du Wilt. Les cultivars du groupe 'Cayenne lisse', le plus cultivé dans le monde, sont très sensibles à cette maladie... mais d'autres, particulièrement ceux appartenant au groupe 'Spanish' et, à un moindre degré, ceux appartenant au groupe 'Pernambuco', sont souvent considérés comme plus ou moins « tolérants » à son égard. Il en serait de même de la majorité des espèces voisines de *A. comosus* — ils n'ont malheureusement que des potentialités réduites sur le plan rendement. La sélection de plants tolérants issus de recombinaison chromosomique est une voie qui mériterait d'être approfondie.

Approche Bio-écologique

Lutte biologique

Certaines coccinelles sont de grandes dévoreuses de cochenilles, deux espèces ont été identifiées en Afrique du Sud, la plus grande, *Exochomus concavus* (Fursch) est capable en laboratoire d'absorber une moyenne de 155 cochenilles/jour (PETTY, 1978 a). Malheureusement, étant donné la localisation habituelle des colonies de cochenilles et les conditions climatiques du plein champ, leur présence n'a dans la pratique que peu d'effet. D'autres prédateurs ont été relevés : *Pullus* sp. (LIM, 1972) en Malaisie, ainsi que des parasites au Kenya et

en Australie, mais eux aussi n'ont que peu d'effet en plein champ sur les populations de cochenilles.

Aménagement de techniques culturales

Toutes doivent concourir à réduire au maximum le potentiel infestant, qu'il vienne du sol ou du matériel végétal de plantation.

Destruction des résidus de la précédente culture

Les résidus de la précédente culture peuvent servir d'hôtes à des cochenilles qui sont alors le point de départ de nouvelles réinfestations, il est indispensable de les détruire. Pour cela, en grande plantation, on a intérêt à les déchiqueter le plus possible et à les enfouir pour activer leur décomposition, ou à les brûler mais cela n'est pas toujours possible et n'est pas sans inconvénients. Dans les petites exploitations on peut les arracher et les « exporter » pour en faire des composts ou les mettre en andins avant de les brûler (cf. Préparation du terrain II. 5).

Date de récolte des rejets

Les populations de cochenilles varient considérablement en cours d'année, elles baissent habituellement fortement en période très humide et fraîche et en période très sèche, pour remonter le plus souvent en période à climat intermédiaire.

Pour les replantations on a toujours intérêt à s'approvisionner en rejets récoltés peu après la récolte du fruit : si la plantation a été normalement entretenue, les populations de cochenilles sont faibles et le niveau du « facteur latent » encore bas. Le matériel végétal sera particulièrement sain si de surcroît ce stade correspond à une période peu favorable au développement des cochenilles. Par contre, on a toute chance d'avoir un matériel très infesté, à niveau de « facteur latent » suffisamment élevé pour que la maladie puisse sortir de l'état « occulte » où elle aurait pu se cantonner jusqu'alors si on récolte les rejets sur de vieilles plantations peu entretenues, principalement quand la récolte fait suite à une saison de caractère intermédiaire, favorable au développement de cochenilles.

Approches chimiques

Le principe de base dans une lutte chimique est de maintenir les populations de cochenilles à un niveau aussi bas que possible afin d'empêcher un renforcement du « facteur latent » pour éviter que la maladie sorte de son état « occulte ». Cela implique une lutte constante contre les cochenilles sans attendre l'apparition des premières manifestations de la maladie, étant donné qu'il s'écoule un certain temps, variable en particulier suivant l'âge de la plante, entre

le moment où les cochenilles se nourrissent sur un plant et le moment où apparaissent les premiers symptômes.

On intervient chimiquement essentiellement à trois niveaux :

- sur le matériel végétal de plantation pour l'assainir,
- sur le sol contre les fourmis au moment de sa préparation,
- sur la plante tout au long de son cycle.

Sur le matériel végétal de plantation

Dans le cas d'introduction de rejets d'un pays étranger, il est habituellement recommandé de faire une désinfection à l'aide d'un gaz toxique. Dans les autres cas, on plonge les rejets dans une solution à base d'ester phosphoré ou, de plus en plus avec ce même type de produit (pour des raisons de sécurité et d'économie) quand ils sont encore sur les plants-mères en cours de croissance.

Sur le sol contre les fourmis

Étant donné le rôle qu'elles jouent dans le déplacement et la protection des cochenilles, une lutte contre celles-ci est une nécessité chaque fois qu'elles existent en grand nombre, leur présence, en effet, peut limiter les résultats de traitements directs contre les cochenilles (RAI et SINHA, 1980). Aussi certains auteurs estiment, en présence de populations nombreuses, qu'il est tout aussi important sinon plus, de lutter contre les fourmis que contre les cochenilles (CHAN, 1965; REAL, 1959). Les produits utilisés pour lutter contre les cochenilles ont une certaine efficacité contre les fourmis mais étant donné leur très grande mobilité, leur emploi peut être très insuffisant, on a le plus souvent intérêt à faire appel à des produits beaucoup plus rémanents, l'idéal étant de pouvoir faire appel à des formulations à matière active rémanente comprenant un attractif, pour qu'elles soient amenées dans les nids par les fourmis elles-mêmes.

Sur la plante tout au long de son cycle

Pour que la lutte directe contre les cochenilles soit la plus économique possible, il serait évidemment nécessaire de pouvoir intervenir en fonction de l'évolution des populations de cochenilles, étroitement liée à l'évolution d'un certain nombre de paramètres climatiques, pour n'avoir à intervenir qu'aux périodes les plus propices à leur prolifération.

En l'absence de systèmes d'avertissement et de suivis de l'évolution des populations (suivis réalisés systématiquement qu'exceptionnellement, étant donné les problèmes pratiques que posent sur le terrain des dénombrements réguliers), on ne peut recommander que des interventions tout au long du cycle, en cherchant toutefois à

moduler, chaque fois que cela est valable, les interventions en fonction des saisons.

La fréquence des interventions doit dépendre :

- de la longueur du cycle des cochenilles dans le lieu considéré,
- du degré de sévérité de la maladie,
- et, bien entendu, du produit utilisé.

Dans les régions à température moyenne, relativement basse, on peut habituellement se contenter d'intervenir, dans le cas où on fait appel à des insecticides de contact peu rémanents, tous les mois et demi à deux mois, alors que l'intervalle entre deux applications ne doit pas dépasser le mois avec ce même type de produit en zones régulièrement chaudes et humides.

Avec les produits plus rémanents, à action systémique partielle, on peut cependant allonger l'intervalle de temps entre deux applications.

Les interventions en début de cycle doivent faire l'objet d'une attention toute spéciale, d'une part parce que la plante jeune est tout particulièrement sensible à la maladie, d'autre part, parce que les traitements sur plants peu développés sont plus efficaces du fait d'une meilleure pénétration des produits à l'intérieur de la rosette de feuilles.

Deux autres périodes sont également à considérer spécialement :

— *la différenciation florale* : la présence de cochenilles sur l'inflorescence semble favoriser la pénétration de pathogènes (cf I. 4.2.1.3.1). A noter que par ailleurs leur présence sur le fruit le déprécie surtout quand celui-ci est destiné à une consommation en frais.

— *la période de production des rejets* : on retrouve ici le souci de produire du matériel végétal sain.

Les techniques pratiques de traitement comme les principales caractéristiques des produits les plus couramment utilisés actuellement, sont précisées dans le chapitre consacré à la protection phytosanitaire de la seconde partie de l'ouvrage (cf. II. 9.7, p. 349-354).

I. 4.2.3. — Ravageurs principaux

I. 4.2.3.1. — RAVAGEURS AFFECTANT LES RACINES (ET PAR VOIE DE CONSÉQUENCE L'ENSEMBLE DE LA PLANTE)

I. 4.2.3.1.1. — *Nématodes Meloïdogyne spp., Pratylenchus sp., Rotylenchus sp., Helicotylenchus sp.*)

Les nématodes sont présents dans tous les types de sol. Ils interviennent au même titre que d'autres micro-organismes dans l'évolu-

tion de la matière organique (CAYROL, 1971). Dans le cas de l'ananas, un nombre limité d'espèces altère le système racinaire et affectant la croissance et le développement de la plante peut avoir une incidence très importante sur la production.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Il est fréquent, du fait de leurs attaques, qu'on ait à déplorer des baisses de rendement de l'ordre de 30 à 40 % en première récolte. En Côte-d'Ivoire en cycle long, elles peuvent même atteindre 60 % (SARAH, 1981). La 2^e récolte sur pied est encore plus dépendante : on considère, en présence de certaines espèces du moins, qu'elle n'est économiquement possible que si l'on est parvenu à maintenir les attaques à des niveaux suffisamment faibles, au moins tout au long du premier cycle ; s'il n'en est pas ainsi, les tonnages récoltés en 2^e récolte ne peuvent présenter que 1/5 de ceux récoltés en première récolte, voire même dans les cas extrêmes être considérés comme négligeables.

Dans les plantations ayant atteint un niveau technique avancé, on considère que les interventions des nématodes constituent fréquemment actuellement le principal facteur limitant de la production.

PRINCIPAUX SYMPTÔMES

De nombreux auteurs utilisent le terme d'« insidieux » pour qualifier les dommages causés par les nématodes ; il n'y a pas de manifestations visuelles spécifiques. En plein champ on constate des zones de moindre croissance à formes plus ou moins régulières dues à l'hétérogénéité du terrain, ou liées aux axes principaux des « interventions agricoles » comme le signale KEETCH (1977 e) en Afrique du Sud dans le cas d'infestations de *Meloidogyne* sp. Les taches peuvent prendre alors des formes ellipsoïdales sur terrain argileux alors que l'on constate surtout des foyers beaucoup plus diffus dans le cas de terrain sableux.

Les feuilles des plants atteints sont habituellement étroites, érigées avec un profil en section transversale nettement accusé. Leur coloration prend souvent une nuance jaune rosé à rouge, autant de manifestations d'une sous-alimentation en éléments nutritifs et en eau qui s'explique par l'altération du fonctionnement du système racinaire et que l'on retrouve dans le cas d'asphyxie des racines, de déficit hydrique... Dans les cas les plus graves, il peut même y avoir dessèchement à l'extrémité des feuilles.

A l'arrachage, on ne peut constater le plus souvent qu'un fonctionnement déficient du système racinaire : absence ou nombre réduit d'extrémités actives, sans manifestation spécifique, sauf dans le cas du genre *Meloidogyne* pour lequel on constate des galles tout à fait

caractéristiques (photos 76 et 77) (cf. plus loin). Les lésions latérales spécifiques d'autres espèces de nématodes ne sont pas décelables à l'œil nu (cf. plus loin). Les altérations provoquées sur les racines peuvent favoriser la pénétration d'agents pathogènes secondaires (qui, habituellement, n'attaquent pas l'ananas) et accélérer leur décomposition. Mais à ce jour on n'a jamais cité sur ananas de maladies à virus à la suite de l'intervention de nématodes-vecteurs comme c'est le cas chez de nombreuses plantes, mais on soupçonne des troubles métaboliques liés à leur présence (LACOEUILHE et GUÉROUT, 1976).

PRINCIPALES ESPÈCES PARASITES DE L'ANANAS —
QUELQUES DONNÉES CONCERNANT LEUR BIOLOGIE

Le nombre d'espèces inféodées à l'ananas est relativement élevé (GUÉROUT, 1975); rien que pour l'Afrique du Sud KEETCH (1977) (1979 a) en dénombre 19; de par le monde leur nombre est très supérieur, mais en fait très peu d'entre elles ont été reconnues comme provoquant des symptômes spécifiques. Quatre seulement, aux biologies parfois fort différentes, ont une importance économique certaine.

a) *Meloïdogyne javanica* (Treub)

Meloïdogyne incognita (Kofoed et White)

Ces deux espèces sont très répandues; l'une ou l'autre sinon les deux sont signalées dans presque tous les pays producteurs d'ananas (GUÉROUT, 1975).

Elles produisent des galles typiques des espèces de ce genre d'où leur dénomination de « nématodes à galles » (« root knot nematodes »). A partir d'œufs éclos dans le sol, les larves de ces deux espèces qui mesurent de 0,350 à 0,400 mm de long pénètrent dans les racines habituellement à proximité de leur extrémité et s'enfoncent jusqu'à la zone du cylindre central sans destruction de cellules ce qui engendre par réaction de la part des tissus la formation de galles par hyperplasie et hypertrophie cellulaire aisément visibles à l'œil nu. Les larves s'alimentent à partir de cellules vasculaires qui deviennent géantes. A partir d'un certain stade les larves cessent toute alimentation, muent 3 fois en quelques jours et deviennent adultes. La femelle grossit par développement des gonades, devient piriforme elle mesure alors de 0,3 à 0,5 mm) et pond dans une masse musciliagineuse qui protège les œufs une fois la racine détruite. Le cycle complet d'œuf à œuf est de 3 à 4 semaines à 25°-30°. Le mâle vermiforme mesure environ 1 mm. Température et humidité ont une importance très marquée sur le développement du parasite. GODFREY et OLIVIERA (1932) ont établi qu'entre l'inoculation de la racine et le début de l'éclosion des premiers œufs il s'écoule une moyenne de 63 jours à une température de 15,7° C et 17 jours seulement pour une tempé-

rature de 27° C, ce qui expliquerait qu'à Hawaï et en Australie on observe beaucoup moins d'attaques sur racines dans les sols à 16° C que dans des sols dont la température n'est que de 2 à 3° C supérieure, leur nombre étant inexistant à des températures de 10-12° C (GODFREY, 1926).

KEETCH (1977 e), travaillant en Afrique du Sud, a montré que les températures optimales variaient beaucoup d'un stade à l'autre et que, pour le développement de la population, il y avait des températures optimales différentes quand on passe d'un hôte à l'autre. L'humidité du sol a une incidence tout aussi importante sur le développement des populations : la sécheresse retarde les éclosions des œufs (KEETCH, 1977 e) qui de ce fait ont tendance à se concentrer au début des périodes correspondant au retour des pluies ; mais la teneur en eau du sol n'a qu'un effet limité sur le développement ultérieur des larves.

Cependant, la survie est très différente d'un stade à l'autre, comme c'est le cas généralement : en test de laboratoire, HOSHINO et GODFREY (1933) ont montré que dans une enceinte à humidité relative de 50 % la mort intervient en 4 minutes pour les larves, mais n'intervient qu'au bout de 2 h 30 mn pour des œufs enfermés dans leurs masses mucilagineuses. Dans le sol, des teneurs excessives en eau peuvent également limiter leur survie. En conditions favorables elle peut être de plusieurs mois.

Incidence de l'infestation sur la croissance et le développement

Expérimentalement aux Hawaï, GODFREY (1936) a cherché à chiffrer l'incidence de la présence de *Meloidogyne* sur la croissance de la racine : alors que la croissance était de 8 à 8,1 mm/jour en l'absence d'infestation, elle passait de 2,14-2,88 mm dans le cas d'une infestation réalisée avec 100 larves, à 1,34-1,79 mm dans le cas d'une infestation à 250 larves et à 1 mm environ pour 1 000 larves et plus.

Un an plus tard, GODFREY et HAGAN (1937), effectuant une comparaison entre plants ne comportant que deux galles et plants en ayant une moyenne de 7, ont relevé des diminutions de poids dans le second cas allant de 16,4 % pour l'ensemble de la plante, de 15 % pour le poids des feuilles (sans que soit affecté le nombre de feuilles émises) et de 47,5 % pour celui des fruits. Parallèlement, par réaction de la part de la plante, ils constatèrent un accroissement très sensible du nombre de nouvelles racines émises.

b) *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey)

(connu antérieurement sous le nom de *Tylenchus brachurus*)
ou nématode à lésion (« root lesion nematode »)

Cette espèce est signalée aux Iles Hawaï, aux Antilles, en Australie, en Afrique du Sud, mais c'est, semble-t-il, en Côte-d'Ivoire qu'elle fait le plus de dégâts (GUÉROUT, 1975).

C'est un endoparasite migrateur typiquement vermiforme, de 0,4 à 0,8 mm de longueur, qui porte un stylet court et fort. Les mâles se rencontrent très rarement. La reproduction est ici encore parthéno-génétique. Les œufs mettent en moyenne 17 jours pour éclore ; fait suite un stade larvaire de 16 jours et il s'écoule 15 jours supplémentaires avant que la femelle débute la ponte qui s'étend sur environ 33 jours, à raison d'un œuf/jour (KEETCH, 1997 e). Contrairement à *Meloïdogyne* sp. *Pratylenchus brachyurus* est capable de pénétrer dans la racine, essentiellement au voisinage de la zone d'élongation, à tout stade de développement et pondre très rapidement après leur pénétration.

Pratylenchus brachyurus est une espèce très polyphage, ce qui lui permet de survivre aisément entre deux cycles de culture d'ananas en présence d'adventices. En l'absence de celles-ci la survie dépend, dans une large mesure, de l'état des racines résiduelles de la culture ; elle pourrait atteindre 96 semaines en présence de fragments de racines vivantes (GUÉROUT, 1975), en leur absence la survie serait ramenée à environ 30 semaines (KEETCH, 1977 e). En l'absence de racines d'ananas mais en présence de racines d'adventices diverses, GUÉROUT (1967) a constaté la présence de nématodes pendant plus de deux ans. En labo, il obtint sur sol sec contenant des résidus racinaires d'ananas des survies pendant 61 à 87 semaines (GUÉROUT, 1965).

En Afrique du Sud, on a montré qu'après 35 jours durant lesquels on a enregistré des températures supérieures à 44° C, 25 % et 50 % seulement de nématodes survivaient ; mais en exposant en labo des sols à des températures de 5 à 27°C pendant 20 semaines, on ne parvenait pas à les éliminer : les populations se contentaient de baisser principalement avec les températures les plus basses (KEETCH 1977 e).

Les éléments de biologie permettent de mieux appréhender la dynamique des populations de *Pratylenchus brachyurus* en plantations ; elle est étroitement liée d'une part à la croissance et au développement de la plante, d'autre part à la climatologie.

En Côte-d'Ivoire où elles ont été particulièrement étudiées (VILARDEBO et GUÉROUT, 1975), on constate, en partant d'un niveau d'inoculum relativement bas, un accroissement d'abord lent des individus dénombrés dans les racines mais celles-ci offrant un milieu nouveau et attirant pour les parasites présents dans le sol, on assiste à un accroissement rapide des populations, habituellement à partir de 3-4 mois, mais qui peut varier en vitesse et intensité suivant les conditions extérieures à la plante (SARAH, 1982). Ceci se traduit, le plus souvent, sur les courbes de populations dénombrées dans les racines par un pic plus ou moins pointu se situant, habituellement, entre le 5^e et le 8^e mois de plantation. L'induction florale correspond à une diminution liée probablement à une régression des émissions racinaires et de leur élongation, souvent après un certain temps de

latence. Ce schéma d'évolution typique est cependant très influencé par certains facteurs climatiques et, en premier lieu, par la pluviosité, secondairement la température dépendante du couvert, et le rayonnement qui, agissant sur le métabolisme de la plante, influe sur la dynamique racinaire. Ces différents facteurs ont une incidence directe sur l'activité des nématodes, mais également indirecte par la réponse de la plante aux premiers.

A ceux-ci viennent s'ajouter des facteurs « sol », dépendant essentiellement de leur structure (la taille optimale des particules pour *P. brachyurus* est de 300 μ) et de l'humidité, et, des phénomènes d'auto-régulation des populations (SARAH, 1982 a). Il n'est pas rare alors d'observer un déplacement de 1 à 3 mois du pic ou, dans le cas de cycle long, la formation d'un « plateau », ou de plusieurs pics successifs (SARAH, 1982 a). Le niveau de l'inoculum, présent dans le sol au moment de la plantation, a naturellement, par ailleurs, une incidence marquée sur l'allure des courbes.

Les intersaisons chaudes et modérément humides sont généralement les plus favorables au développement des populations, alors que les périodes très sèches ou au contraire très humides le sont beaucoup moins (VILARDEBO et GUÉROUT, 1975 ; SARAH, 1980).

Après la récolte du fruit, quand on laisse se développer un cayeu en vue de l'obtention d'une seconde récolte, on a habituellement, après un certain délai, de nouvelles émissions de racines qui sont mises à profit par les nématodes après un certain décalage dans le temps (SARAH, 1979 a).

Incidence de l'infestation sur la croissance et le développement

Les symptômes causés par *Pratylenchus brachyurus* ne sont pratiquement pas visibles à l'œil nu : GODFREY (1931) (signalé par GUÉROUT) indique la formation de nécroses de petites dimensions. Une fois le parenchyme affecté, le cortex se sépare aisément du cylindre central. A ce stade, la racine n'est plus fonctionnelle.

Des infestations artificielles massives réalisées en Côte-d'Ivoire par GUÉROUT (1964) sur plants de 7 semaines obtenus à partir de rejets plantés sur terre préalablement stérilisée ont mis en évidence, par rapport au témoin, une réduction de la surface de la feuille « D » de 26 %, de la masse racinaire de 64 % et du poids du fruit de 35 %. Toutes les expérimentations menées en plein champ depuis cette date ont montré des diminutions de rendement comparables en première récolte et de plus une baisse très marquée de la production de rejets (SARAH, 1982 a) (photos 78 et 79).

c) *Rotylenchulus reniformis* (Linford et Oliveira) (« Reniform nematode »)

Cette espèce est surtout signalée à Hawaï et aux Antilles ; elle ne l'a pas été par contre en Côte-d'Ivoire sur ananas (GUÉROUT, 1975).

La larve et la femelle juvénile mesurent moins de un demi millimètre de long. La femelle est sédentaire semi-endoparasite. La larve de troisième stade pénètre dans la racine d'ananas où, après une dernière mue, elle se transforme en femelle qui, avec le développement des gonades, prend une forme renflée typique. Le mâle, non parasite, vit libre dans le sol. La reproduction est essentiellement sexuée, bien que très rare elle peut être parthogénétique. La ponte commence 9 jours après la pénétration, les œufs sont émis dans une masse gélatineuse (du même type que celle notée dans le cas de *Meloïdogyne* sp.) qui en compte habituellement plus de 100. L'éclosion intervient au bout de 8 jours, ce qui donne un cycle total d'environ 25 jours.

A Hawaï et Porto-Rico où cette espèce est dominante, on la rencontre principalement dans les sols à réaction alcaline (SANFORD, 1971). Cependant, dans les sols acides ou proches de la neutralité, le chaulage et les doses accrues de sulfate d'ammoniaque tendent à diminuer significativement les populations de ce type de nématode (ENGLERTH, 1970), sans que des explications puissent être avancées.

L'emploi abusif d'engrais minéraux entraînant en profondeur le calcium contribuerait à favoriser le développement de cette espèce.

Incidence de l'infestation sur la croissance et le développement

On ne relève sur racines pratiquement aucune manifestation matérielle consécutive à une attaque de *Rotylenchulus reniformis* ; l'altération est au niveau de leur composition chimique ; des toxines salivaires pourraient être responsables de la perte d'activité des racines qui cependant ne sont pas détruites ; elle entraînerait inévitablement une perte de vigueur de la plante qui ne peut conduire qu'à une diminution de rendement (KEETCH, 1977 e).

d) *Autres genres*

De nombreuses autres espèces sont rencontrées dans la rhizosphère de l'ananas et en particulier :

— *Helicotylenchus* sp. (« spiral nematode »)

L'espèce la plus couramment rencontrée est *H. dihystra* (Cobb). Les espèces appartenant à ce genre sont des espèces ecto ou semi endoparasites qui ne s'attaquent qu'aux couches superficielles de cellules ; de ce fait, leur importance économique est bien moindre que celle des espèces précédentes. Cependant, en cas de forte pullulation, leur impact n'est probablement pas négligeable.

Pour les autres habituellement citées : *Criconemoides* sp., *Trichodorus* sp., *Scutellonema* sp., *Xiphinema* sp., on n'est jamais parvenu à leur attribuer des effets dépressifs sur la croissance et le développement de la plante.

e) Relations entre espèces

Différents auteurs ont constaté une certaine concurrence entre espèces. En Côte-d'Ivoire, *Pratylenchus brachyurus* a tendance à supplanter *Meloïdogyne* sp. ; on a pensé que la rapidité de destruction de la racine par la première espèce ne permettait pas le maintien de fortes populations appartenant à la seconde (GUÉROUT, 1965), mais cependant à Hawaï et à Puerto-Rico, c'est l'inverse que l'on constate (GODFREY, 1929 ; AYALA *et al.*, 1967). A Hawaï, c'est au contraire *Rotylenchulus reniformis* qui tend à supplanter *Meloïdogyne* sp., longtemps considérée comme la plus importante. Ces différences sont probablement liées à des différences d'environnement plus favorables à la survie d'une espèce que de l'autre.

APPROCHES POUR LUTTER CONTRE LES NÉMATODES

Difficultés de la lutte

Le mode de vie souterrain des nématodes, les possibilités de survie, les faibles connaissances accumulées jusqu'à ce jour concernant leur biologie 'in situ', plus particulièrement leur dissémination et leurs caractéristiques intrinsèques (qui les rend relativement peu sensibles à de nombreuses substances toxiques), font qu'il est particulièrement difficile de mettre en œuvre des méthodes de lutte pratiques et économiques (RITTER, 1971).

Approches génétiques

Dès 1932, aux Iles Hawaï, COLLINS et HAGAN avaient classé les principaux cultivars suivant leur degré de sensibilité à l'égard de *Meloïdogyne* sp.

A Puerto-Rico, AYALA (1961) (1969) a entrepris des comparaisons analogues à l'égard de *Rotylenchulus reniformis*. Les cultivars 'Cayenne Lisse' et 'Red spanish' se révélèrent sensibles, alors que l'espèce *Ananas ananassoïdes* s'est révélée particulièrement résistante à *Rotylenchulus reniformis* ainsi qu'à l'égard de *Meloïdogyne* sp. résistance qu'elle était susceptible de transmettre aux hybrides obtenus à partir d'*Ananas ananassoïdes*. Malheureusement cette dernière ne présente aucun intérêt agronomique, aussi un très important travail de génétique s'impose avant de pouvoir espérer disposer de cultivars plus tolérants à l'égard des principales espèces de nématodes rencontrées actuellement en culture d'ananas.

Approches bio-écologiques

Approche biologique à proprement parler

On connaît des nématodes, des acariens, des amibes et des tarigrades prédateurs, des champignons nématophages et des bactéries pathogènes, mais dans l'état actuel des connaissances concernant les nématodes de l'ananas on n'a, pour un proche avenir, que peu d'espoir de lutte par cette voie.

Utilisation de plantes pièges

Des chercheurs hawaïens ont exploré cette possibilité dès 1934 contre *Meloïdogyne* sp. (GODFREY, 1928 ; GODFREY et HOSHINO, 1934 ; GODFREY et HAGAN, 1934), mais elle s'est révélée d'un emploi très délicat : le laps de temps qui s'écoule entre la pénétration et la première ponte a varié de 15 à 20 jours avec les plantes retenues ; tout retard dans l'arrachage a de bonnes chances de faire perdre tout le bénéfice de l'opération. L'utilisation de plantes hôtes ne permettant pas le développement des nématodes qui se sont introduits dans les racines serait bien préférable.

Utilisation des plantes qui se révèlent de mauvais hôtes pour les nématodes

A la tête de celles-ci, on peut citer les Tagetes dont les racines contiennent un principe actif nématocide (UHLENBROEK et BIZLOO, 1958 ; UHLENBROEK et BIZLOO, 1959).

D'autres plantes peuvent être considérées comme de mauvais hôtes à l'égard de ceux-ci. Parmi celles-ci 3 se sont révélées particulièrement intéressantes en Côte-d'Ivoire, face au principal parasite incriminé : *Pratylenchus brachyurus* :

— *Crotalaria usaramoensis*

— *Flemingia congesta*

et à un moindre degré :

— *Stylosanthes gracilis* (GUÉROUT, 1969).

A Hawaï, GODFREY signalait l'intérêt que présentait *Cajanus indicus* dans le cas de *Meloïdogyne* sp.

A Puerto-Rico, AYALA *et al.* (1967) (1969) ont montré qu'avec *Digitaria decumbens*, *M. incognita* disparaissait des sols en un an, *Criconemoides* et *Helicotylenchus* en 18 mois, mais cette plante maintenait les populations de *P. brachyurus*.

Avec la canne à sucre, les populations de *R. reniformis* et *P. brachyurus* par contre dépérissaient rapidement jusqu'à des niveaux non détectables, mais les autres espèces se reproduisaient, par contre, normalement.

Dans d'autres régions, on considère que la canne à sucre est sensible à *R. reniformis*.

En Afrique du Sud, on a obtenu une diminution significative des populations de *Rotylenchulus unisexus*, *Scutellonema brachyurum* et *Helicotylenchus dihystra* après culture de *Chloris gayana* var. *Katambora* et *Desmodium uncinatum* (KEETCH et DALLDORF, 1980).

Jachère cultivée et jachère nue

Cultiver ces plantes mauvais hôtes des nématodes de l'ananas entre deux cycles de culture, donc en rotation avec l'ananas, donne habituellement des résultats très positifs. On peut avoir les effets cumulés d'une baisse des populations de nématodes et d'une amélioration physique du sol qui s'accompagne habituellement d'une amélioration chimique quand on fait appel à des légumineuses (TISSEAU M. A., 1969 ; GODEFROY, 1969 ; GUÉROUT, 1969).

En travaillant le sol entre deux cycles, donc en l'absence de toute culture, on parvient à diminuer considérablement l'inoculum du sol ; en ramenant en surface les couches successives de sol, on les expose au soleil tout en les aérant. Les augmentations de température et la dessiccation qui s'en suivent sont très préjudiciables aux nématodes.

Pour que l'assainissement soit satisfaisant, il est indispensable de ne laisser aucune plante adventice-hôte se développer. Avec 9 à 11 labours en 14 mois, GODFREY (1931) obtint, à l'égard de *Meloïdogyne* sp., des résultats médiocres dans les conditions hawaïennes : des labours trop espacés ont permis le développement d'adventices qui ont assuré des survies.

GUÉROUT (1965), en Côte-d'Ivoire, a étudié l'évolution des populations de *P. brachyurus* après des labours réalisés mensuellement. Quelle que soit l'importance de la population initiale :

- après 3 mois de jachère nue (donc 3 labours), la population était de l'ordre de 50 individus par litre de sol ;

- en l'absence de toute adventice, la population a continué à décroître jusqu'à 8 mois, date à laquelle les nématodes étaient devenus difficilement décelables, mais en présence d'adventices hôtes ou d'ananas les populations parvenaient à se maintenir au niveau ci-dessus ;

- au-delà de 8 mois de travail du sol même si aucun nématode n'était décelable dans le sol, on en découvrirait dans les racines de repousses éventuelles d'adventices ou d'ananas ;

- après 24 mois de travail du sol, on pouvait encore relever quelques infestations si on plantait de jeunes plantules de plantes hôtes !

Avec une jachère travaillée, de 6 semaines seulement, GUÉROUT estime que l'on ne peut que diviser par 2 les populations de nématodes.

Maladie du Wilt - II. Symptômes, évolution et agent causal
(*Dysmicoccus brevipes*)

PHOTO 70. — « Green spotting » sur feuilles, indice de la présence de cochenilles responsables de la maladie. (Cliché Vilardebo).

PHOTO 71. — Aspect d'une « tache de Wilt » en plantation. La maladie a débuté sur des plants situés au centre de la photo ; guéris au moment de l'induction florale, ils ont donné de petits fruits en rapport avec la masse foliaire active à ce stade. La maladie s'étant communiquée aux plants voisins, elle les a frappés plus tardivement, au moment de leur induction florale, ce qui a eu pour conséquence de donner des fruits secs.

(Clichés Py).



PHOTO 72. — Importante colonie de cochenilles sur fruit. L'abri aménagé par les fourmis a été partiellement dégagé pour bien la mettre en évidence. (Cliché Vilardebo).



PHOTO 73. — Détail de la partie centrale de la colonie. (Cliché Vilardebo).



PHOTO 74. — Symptômes foliaires de la maladie du « Yellow spot ».

(Cliché : Citrus and Subtropical Fruit Research Institute - Afrique du Sud).

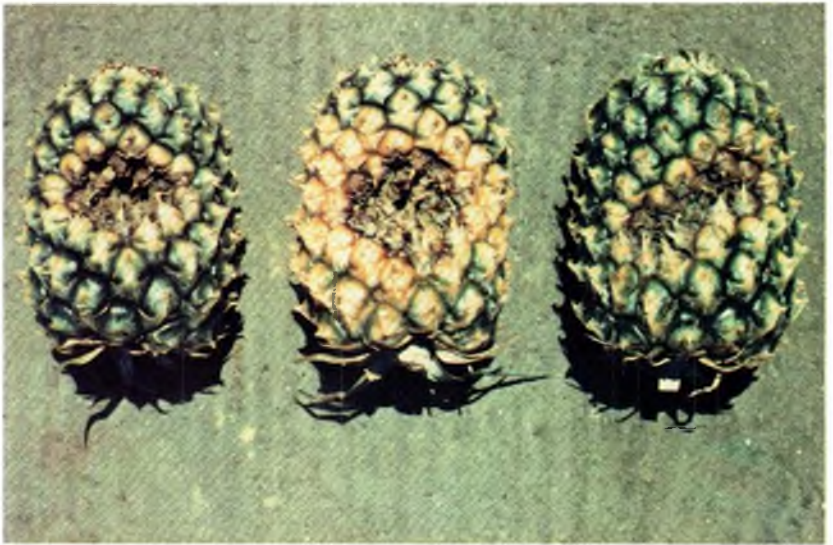


PHOTO 75. — Symptômes du « Yellow spot » sur fruit.

(Cliché : Citrus and Subtropical Fruit Research Institute - Afrique du Sud).



PHOTOS 76 et 77. — Aspects que revêtent les racines d'ananas après infestation de *Meloidogyne* sp.

(Clichés Vilardebo et Py).



PHOTOS 78 et 79. — Différence de végétation après la première récolte (donc relative aux cayeux qui sont à l'origine de la seconde) entre parcelles ayant reçu un nématicide systémique (photo droite) et parcelles « Témoin » (photo gauche). (Clichés Sarah).





PHOTO 80. — Hétérogénéité provoquée par une forte infestation d'*Hanseniella ivorensis* en Côte-d'Ivoire. (Cliché Py).

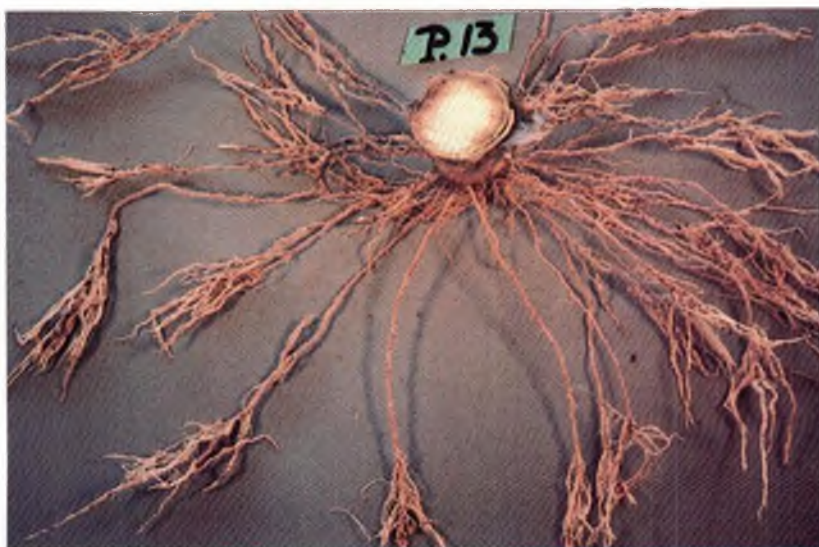


PHOTO 81. — Aspect général du système racinaire d'un plant d'ananas 4 semaines après une infestation artificielle à base d'*Hanseniella ivorensis*, réalisée un mois après plantation et portant sur 3 semaines. A une même distance de la base de la tige on constate la formation de « balais de sorcière ».

(Cliché Kéhé).



PHOTO 82. — Détails d'un « balai de sorcière ».

(Cliché Kéhé).

Symphyles - II. Symptômes et vues
du ravageur
(*Hanseniella ivorensis*)



PHOTO 83. — Aspect détaillé de l'extrémité
d'une racine avec de nombreux « balais de
sorcière ».
(Cliché Vilardebo)

PHOTO 84. — Lot de symphyles de différents
âges.
(Clichés Vilardebo).



Ravageurs divers



PHOTO 85. — Forte infestation de *Diaspis bromeliac* entraînant la destruction du fruit.
(Cliché Vuillaumic).

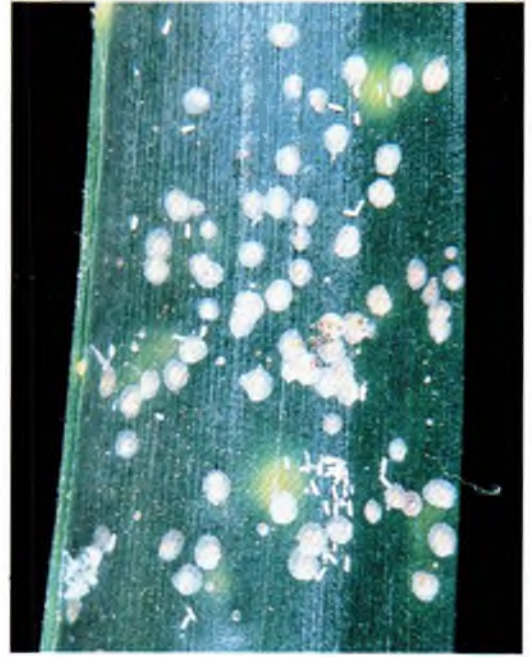


PHOTO 86. — *Diaspis boiduvali* sur feuilles.
(Cliché Vilardebo).

PHOTO 87. — Autre espèce de Cochenille, probablement : *Pseudococcus longispinus*.

(Cliché : Citrus and Subtropical Fruit Research Institute - Afrique du Sud).



PHOTO 88. — *Augosoma centaurus* dévorant une inflorescence.
(Cliché Teisson).



PHOTO 89. — *Lagria villosa*.
(Cliché Ventura).

PHOTO 90. — Base de feuille d'ananas altérée par l'acarien *Dolichotetranychus floridanus*.

(Cliché Vilardebo).



PHOTO 91. — Détail des altérations.

(Cliché Vilardebo).



PHOTO 92. — Adultes et pontes de *Dolichotetranychus floridanus*.

(Cliché Vilardebo).

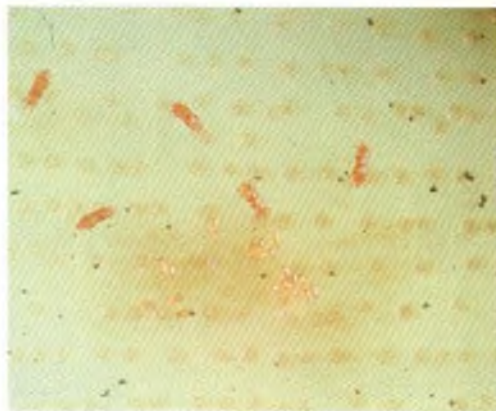
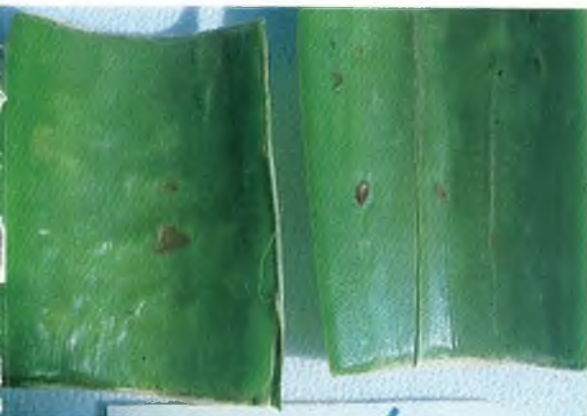


PHOTO 93. — Aspect « rugueux » du limbe et nécroses ponctuelles. Indices de la présence d'acariens à la base de la plante.

(Cliché Hayot).



Gommose du fruit
(*Thecla basilides*)

PHOTO 94. — Rejet endommagé par *T. basilides*. Le trou correspond au lieu de pénétration de la larve.

(Cliché Giacomelli).



PHOTO 96. — Papillon de *T. basilides*, face inférieure.

(Cliché Giacomelli).



PHOTO 95. — Dégâts sur fruits.

(Cliché Giacomelli).



PHOTO 97. — Larve de *T. basilides* dévorant la base de jeunes feuilles.

(Cliché Vilardebo).



PHOTO 98. — Œufs de *T. basilides* sur la bractée d'un « œil ».

(Cliché Vilardebo).

De telles jachères, qui font « perdre » du terrain et/ou du temps entraînent inévitablement une chute de rendements/ha par mois d'occupation du terrain ; elles ne peuvent en conséquence se justifier économiquement dans tous types de système de culture.

Utilisation de films de polyéthylène « chauffants »

La technique consiste à faire appel à un film laissant passer les rayons infrarouges, que l'on applique sur un sol nu préalablement arrosé. L'effet « serre » qui s'en suit permet un assainissement marqué. Elle est malheureusement très coûteuse.

Approches chimiques

Difficultés de lutte — Stratégie de lutte

Les traitements des sols par voie chimique à l'aide de nématicides permettent une diminution plus rapide de l'inoculum que les autres techniques liées aux diverses techniques culturales suivies mais, pas plus que ces dernières, ils ne permettent une éradication totale des nématodes, la répétition d'une culture hôte détermine le plus souvent une recolonisation rapide et importante (CUANY et RITTER, 1979). L'emploi des nématicides n'est pas — les fumigants essentiellement — par ailleurs, sans danger pour le sol : d'après certains auteurs, ils peuvent sérieusement perturber l'équilibre des micro-organismes en faisant disparaître de longs segments de la chaîne biologique qui ne se réinstallent que progressivement, vague par vague... ce qui pourrait avoir de multiples conséquences, tels que des « échanges de dommages », des « effets boomerang »... KREUTZER, 1960), mais les conséquences ne sont que limitées sur la microfaune du sol si on a soin de ne pas dépasser les doses habituellement prescrites.

Bien que discuté, leur emploi pourrait cependant avoir une action dépressive sur les Mycorhizes et, de ce fait, modifier l'absorption et l'utilisation par la plante de certains minéraux tels que le fer et le manganèse (SMITH D. H., 1969) ou perturber le potentiel oxydo-réducteur du sol avec les différentes conséquences que cela est susceptible d'entraîner.

L'emploi des endotherapiques à cet égard risque d'avoir moins de conséquences sur la faune du sol, mais par contre peut perturber gravement le métabolisme de la plante, comme on le précisera plus loin.

« Le moyen de lutte le plus onéreux est celui qui ne permet pas un bon contrôle des nématodes » rappelle bien à propos KEETCH (1979 b). Celui-ci ne peut être obtenu que par des interventions précoces, avant toute « explosion » de populations, ce qui implique le

plus souvent une *intervention chimique dès la mise en terre des rejets* (cas de l'emploi de fumigants), ou *peu après* (cas de l'emploi d'endotherapiques)... à moins que l'on parte d'un sol sain (sol n'ayant jamais supporté de culture d'ananas) ou très assaini par des mesures qui ne sont pas favorables au maintien des populations (rotation de culture, travail du sol...).

En présence d'un inoculum dans le sol, une intervention chimique à la plantation ou peu après est presque toujours rentable quelles que soient les espèces de nématodes en présence si l'on se propose de faire une seconde, voire plusieurs autres récoltes sur pied (et des interventions complémentaires en cours de végétation se révèlent le plus souvent également tout aussi rentables). Mais elle peut ne pas l'être si on se limite à une seule récolte obtenue de surcroît avec un cycle court quand le nématode dominant est *Rotylenchulus reniformis*.

Cependant, d'une façon générale, certains auteurs tels que KEETCH (1979 b) estiment que s'il n'y a que quelques exemplaires de *Meloidogyne* spp et/ou de *Pratylenchus brachyurus* dans le sol ou les racines, c'est la preuve d'une potentialité à cet égard et qu'il y a lieu de traiter préventivement (avant leur pénétration dans les racines ou avant qu'ils ne provoquent des dommages).

Ces quelques cas extrêmes entre lesquels s'inscrit la gamme de la plupart des cas habituels montrent qu'il est difficile, en culture d'ananas, de préconiser telle ou telle autre technique de lutte. La gamme de nématodes auxquels on peut avoir à faire, la diversité des caractéristiques écologiques des sites et des systèmes de culture existants font que chaque plantation est un cas particulier. Face au problème posé, on dispose d'un arsenal de produits extrêmement différents, dont il faut connaître les caractéristiques et la façon dont ils agissent. C'est par leur étude que débutera la partie consacrée à la lutte contre les nématodes (cf. Protection phytosanitaire, II. 9.8, p. 355-364).

I.4.2.3.1.2. — *Symphyle Scutigera* spp. et *Hanseniella* spp.)

Les Symphyles sont de petits Myriapodes qui dévorent l'extrémité des racines, l'absorption des éléments nutritifs s'en trouve perturbée avec pour conséquence un ralentissement de la croissance et du développement de la plante ce qui ne manque pas d'avoir une action dépressive sur le rendement.

Ils n'ont une incidence économique notable que dans certains sites écologiques très favorables à leur pullulation, mais dans ceux-ci leurs attaques peuvent être le principal facteur limitant de la culture.

Dans une expérimentation conduite en Martinique le contrôle de ces ravageurs a permis d'accroître le poids moyen des fruits de

0,722 kg à 1,277 kg et celui du nombre moyen des cayeux par pied, à la récolte, de 0,10 à 0,63 (LACOEUILHE, 1977).

Des résultats similaires ont été obtenus au cours d'une expérimentation conduite dans une plantation très infestée de Côte-d'Ivoire (KEHE, 1979 b), l'augmentation de poids moyen obtenue (22 %) en luttant contre ce ravageur était accompagnée d'une importante réduction du nombre de petits fruits.

Principaux symptômes

En plantation, on constate dans certains cas la formation de plantes plus ou moins homogènes, de moindre croissance, alors que dans d'autres le fait le plus marquant est l'installation d'une très grande hétérogénéité de développement d'un pied à l'autre (KEHE, 1979 a) (photo 80). Ces différences sont liées, essentiellement, à l'humidité du sol. Là où elle est constamment relativement élevée, tous les plants quels que soient les ravages subis sont susceptibles de « récupérer » si les attaques ont tendance à s'atténuer, alors que là où l'humidité devient un facteur limitant, la reprise de croissance est très variable d'un pied à l'autre : les plants qui ne parviennent pas à reconstituer leur système racinaire perdent de leur turgescence et ne parviennent à redémarrer que quand l'environnement redevient plus favorable à la plante qu'au ravageur.

Le système racinaire des plants attaqués par les symphytes peut présenter des faciès très différents suivant l'âge de la plante au moment où s'est produite l'agression, l'intensité et la répétitivité de celle-ci. Le ravageur a une préférence marquée pour les tissus jeunes, donc tout particulièrement pour la zone méristématique, celle-ci dévorée présente à son extrémité une petite cavité typique. La plante réagit alors à cette altération par un renflement distal suivi de la formation de racines secondaires. Si le ravageur n'intervient, à nouveau, qu'une fois que les racines secondaires ont atteint un certain développement, il se forme progressivement des « balais de sorcière » spécifiques de ce type d'altération (KEHE, 1979 a) (photos 81, 82 et 83). Si, par contre, les symphytes poursuivent sans relâche leur attaque les ébauches racinaires sont détruites au fur et à mesure de leur formation et l'extrémité de la racine prend alors l'aspect d'une massue.

Dans le cas d'une intervention massive et précoce du ravageur, c'est-à-dire au moment de l'émission racinaire qui fait suite à la mise en terre des rejets, les racines ne peuvent dépasser quelques cm de long, on a alors la formation d'un « manchon » de racines très courtes et peu fonctionnelles autour de la base de la tige (KEHE, 1980).

Ce faible développement du système racinaire peut provoquer la verse du plant, au pied de celui-ci on constate alors une masse compacte d'une quinzaine de cm de diamètre, mélange intime de terre et de racines aux multiples « balais de sorcière ».

On a pu chiffrer en milieu contrôlé les effets d'infestations artificielles moins sévères, réalisées 15 jours après la mise en terre du rejet, la réduction du nombre de racines émises a été de 17 % (KEHE, 1979 c).

Les attaques du ravageur sont plus particulièrement à redouter à deux périodes du cycle de la plante : dans les deux mois qui suivent la mise en terre des rejets, au moment de la première vague d'émission racinaire, et 2 à 3 mois plus tard au moment de la seconde (cf. I. 3.3.2). D'une façon générale, des attaques au cours de cette dernière ont habituellement moins de conséquence qu'au cours de la première.

Les symphytes se nourrissent aussi de poils absorbants, leur présence est donc rare dans les zones très infestées. Le ravageur peut provoquer également des lésions latérales sur les racines très tendres.

Tout type d'altération de l'épiderme peut naturellement servir de porte d'entrée à des pathogènes de « blessure » qui peuvent engendrer la destruction de la racine (JOHNSON, 1935 ; SAKIMURA, 1966 ; SANFORD, 1978).

Espèces responsables — Quelques données sur leur biologie

Plusieurs espèces de symphytes parasites de l'ananas ont été isolées :

- *Scutigerella sakimurai*)
- *Hanseniella unguiculata*) à Hawaï (SAKIMURA, 1966).
- *Hanseniella ivorensis* en Côte-d'Ivoire (JUBERTHIE-JUPEAU et KEHE, 1978 ; KEHE, 1979 a).
- *Hanseniella* sp., espèce nouvelle non encore décrite, largement répandue en Martinique.

Une autre espèce appartenant au même genre a également été signalée au Brésil (LAUREIRO et FORTES, 1972).

Les adultes de ces différentes espèces mesurent 6 à 10 mm de long sur quelques mm de large. Ils sont de couleur blanche, leur tête porte 2 longues antennes et leur corps, composé de segments, est couvert de soies et prolongé par deux grosses cerques. Ils sont pourvus de 12 paires de pattes (la larve de *Scutigerella* sp. en possède 6 mais celle d'*Hanseniella* sp. 7 (KEHE, 1979 d) (photo 84). L'animal est aveugle, lucifuge et hygrophile mais n'est cependant pas capable de déceler une présence d'humidité à distance. Incapable de creuser des galeries dans le sol, il se déplace rapidement à la faveur des fissures, galeries créées par des variations d'humidité du sol, les racines des végétaux ou des animaux souterrains... Les symphytes ne peuvent donc proliférer que dans des sols bien « aérés » donc, soit riches en matière organique, soit à base de tuff volcanique, soit gravillon-

neux et comportant un pourcentage relativement élevé d'argile. On les rencontre par contre plus rarement dans les sols sableux et sablo-limoneux qui se compactent aisément. Cependant, il arrive que l'on assiste, dans de tels sols, à une explosion de populations, elle correspond le plus souvent à l'enfouissement d'une importante masse végétale en une période très pluvieuse.

Chez les symphyles, entre chaque mue, il peut y avoir vitellogénèse et ponte d'une masse de 10 à 11 œufs dont la femelle prend le plus grand soin. Il n'y a pas d'accouplement direct, le mâle dépose dans les cavités du sol des spermatophores que la femelle récupère et stocke dans une poche séminale, proche de la zone buccale, dont elle utilise le contenu pour féconder elle-même ses ovules (JUBERTHIE-JUPEAU, 1956, 1959 a, 1959 b, 1959 c).

Le cycle complet de *H. ivorensis*, en conditions optimales (température de 28° C) est de 47-48 jours. L'adulte pourrait vivre plusieurs années. L'humidité du sol et la température jouent un grand rôle dans la biologie du ravageur tout comme, en quantité comme en qualité, les disponibilités en nourriture (KEHE, 1979 a).

Les symphyles effectuent des migrations journalières et saisonnières, les premières dépendent beaucoup des variations de température tandis que les secondes sont davantage liées à l'humidité du sol : quand la partie superficielle du sol se dessèche, les symphyles tendent à s'enfoncer (MASSES, 1979 a), mais si les méats viennent à s'obstruer par excès d'eau, ils ne peuvent survivre ; les situations intermédiaires d'humidité leur sont particulièrement favorables (KEHE, 1979 d). En laboratoire, il a été prouvé que les symphyles peuvent s'enfoncer à plus de 80 cm de profondeur et se déplacer latéralement sur plus de 200 cm (KEHE, 1981), mais en champ les déplacements latéraux peuvent être beaucoup plus importants ; ils peuvent en effet dépasser 50 m.

L'activité génésique du ravageur est très dépendante de la quantité et de la qualité de nourriture mise à sa disposition. En l'absence de nourriture fraîche, le ravageur pourrait se nourrir de débris végétaux en décomposition, mais la reproduction est alors très ralentie. Il peut faire preuve de cannibalisme pour survivre et est capable de se maintenir en vie 4 mois en l'absence de toute nourriture s'il est placé dans de bonnes conditions (humidité saturée).

Approches pour lutter contre les Symphyles

— Approche bio-écologique

Plusieurs prédateurs des espèces rencontrées aux Iles Hawaï ont été isolés : un centipède : *Lamycemus coeculus* Broleman (SCHELLER, 1961) ainsi que des larves de Coléoptères.

Le travail du sol accroît fortement, de son côté, la mortalité dans les populations mais l'ameublissement qui s'ensuit favorise l'établissement de voies de cheminement...

— Approche chimique

Les symphytes auraient un besoin élevé en calcium (TEISSON, 1979 f), malheureusement on peut difficilement agir durablement sur cet élément sans altérer la fertilité. Aussi, dans l'état actuel des connaissances, on ne peut pas le plus souvent faire appel à des insecticides chimiques pour contrôler ces parasites.

Les saisons très sèches ou très pluvieuses sont peu favorables à la pullulation des symphytes comme à la croissance de la plante. Les saisons intermédiaires, par contre, leur sont très favorables aussi a-t-on intérêt à intervenir le plus souvent possible au début de celles-ci, tout en cherchant à tenir compte des « vagues » d'émission de racines.

A la plantation, on a généralement avantage à traiter systématiquement dans les zones réputées envahies. En effet, d'une part parce que le départ d'une plantation a une incidence considérable sur son avenir, d'autre part c'est à cette date que les risques d'attaque sont les plus élevés et, par ailleurs, qu'un traitement peut se réaliser dans les meilleures conditions avec une grande possibilité de choix de produits et/ou de formulations (GUYOT, 1976 a ; MASSES, 1979 a).

Le renouvellement du traitement en cours de végétation est le plus souvent indispensable.

Dans le chapitre de la partie II de l'ouvrage consacré à la Protection Phytosanitaire, on trouvera les caractéristiques des principaux produits actuellement recommandés pour lutter contre les symphytes, ainsi que les modalités d'application et les doses d'emploi (cf. II. 9.9, p. 364-366).

I. 4.2.3.2. — RAVAGEURS AFFECTANT L'APPAREIL FOLIAIRE

I. 4.2.3.2.1. — Cochenilles : *Diaspis* spp. [Cochenilles à carapace (« pineapple scale »)], *Pseudococcus longispinus* et autres cochenilles d'importance secondaire

a) Cochenille *Diaspis bromeliae* et *Diaspis boiduvali* [cochenille à carapace (« pineapple scale »)]

Ce type de cochenille se développe sous certaines conditions sur l'appareil foliaire de la plante. Leur présence en grand nombre diminue l'activité photosynthétique des feuilles entraînant un ralentissement de croissance. Dans les cas extrêmes, la récolte peut être réduite à néant et la mort du plant s'ensuivre (PETTY, 1978 ; PY, 1981) (photo 85).

On les rencontre également sur fruit où leur présence altère leur présentation et pourrait, selon certains auteurs, favoriser la formation de craquelures entre les yeux.

Deux espèces très voisines l'une de l'autre appartenant à l'ordre des Homoptères-Diaspididae sont signalées : *Diaspis bromeliae* (KERNER) que l'on rencontre principalement sur des broméliacées aussi bien en pays tropical qu'en pays tempéré en serre, et *Diaspis boiduvali* (SIGNORET) très polyphage et également très répandu, sa présence a été signalée aussi bien en Amérique latine, qu'en Afrique occidentale mais également à Hawaï, Sri Lanka, Taïwan.

La femelle ainsi que ses pontes composées d'œufs ovales et translucides sont protégées par un bouclier circulaire de couleur beige clair de quelques mm de diamètre (photo 86).

Autour du point de fixation se développe une tache jaune, conséquence de l'injection par le ravageur de salive chargée de toxines.

Le mâle adulte est un insecte ailé, les stades larvaires se développent sous une follicule de forme allongée constitué de cire blanchâtre.

Dans les conditions hawaïennes on compte une moyenne de 4 générations par an. L'ombrage favorise leur pullulation, ce qui fait qu'elles sont fréquentes en serre ou sur rejets stockés sous ombrage arboré, ainsi que, semble-t-il, la déficience en zinc (TISSEAU M.A., 1965). En période pluvieuse, les populations habituellement régressent (régression liée semble-t-il au développement de parasites naturels) (PETTY, 1978 c). Seules les larves du 1^{er} stade (à l'éclosion) se déplacent ; une fois fixé le ravageur l'est pour toute la vie.

En Afrique du Sud un certain nombre d'Hyménoptères, tels que ceux appartenant au genre *Aphytis* les parasitent. On constate fréquemment des perforations de bouclier par où ont émergé les adultes du parasite et sous bouclier non perforé il est fréquent de rencontrer des larves (PETTY, 1978 c).

Par ailleurs, plusieurs espèces de prédateurs ont été identifiées dont, en particulier, des coccinelles : *Rhizobius* sp. et *Orcus* sp. en Afrique du Sud ; *Telsimis nitida* et *Lindorus lophantae* aux Iles Hawaï, auxquelles s'ajoute en Afrique du Sud un petit Diptère (PETTY, 1978 c).

Les insecticides utilisés pour le contrôle de *Dysmicoccus brevipes* sont habituellement efficaces mais l'emploi abusif des plus rémanents d'entre eux, en détruisant les prédateurs peut favoriser des infestations massives (SAKIMURA, 1966).

Quand on recherche un assainissement « poussé » du matériel de plantation, il est préférable d'opérer par fumigation ; MURRAY (1980) recommande, tout particulièrement, le bromure de méthyle : 46 g/m³ pendant 2 h à 20° C.

- b) Cochenille *Pseudococcus longispinus* (Targiani) [ou *P. adonidum* (L.)] et autres cochenilles d'importance secondaire

Pseudococcus longispinus (Homoptère-Pseudococcidae), également de type farineux, est présente sur ananas en Afrique du Sud et à Hawaï. Elle prolifère dans le cœur de la rosette de feuilles au moment de l'apparition de l'inflorescence puis sur la couronne du fruit, dépréciant fortement sa présentation donc sa valeur commerciale (photo 87).

Melanapsis bromeliae (Hémiptère) signalée sur ananas à Hawaï est considérée comme un ravageur secondaire.

Rhizoecus americanus, signalée sur racines d'ananas en Martinique. Cette cochenille attaque une gamme très large de végétaux, on signale sa présence en Floride et dans différents pays d'Amérique du Sud et d'Amérique Centrale ainsi que dans d'autres îles de la Caraïbe, mais rien ne permet d'affirmer actuellement qu'elle puisse être un ravageur d'importance sur ananas.

I.4.2.3.2.2. — *Acariens* — *Dolichotetranychus floridanus*, *Steneotarsonemus* et *Tarsonemus* sp.

L'importance économique des acariens est très discutée. Si pour certains auteurs, ils ne peuvent, au maximum que ralentir très légèrement la croissance, pour d'autres ils peuvent avoir une action très marquée sur celle-ci, et dans les cas extrêmes entraîner la mort du plant. Certaines espèces, par ailleurs, joueraient un rôle important dans la dissémination de certaines maladies.

Deux espèces sont plus particulièrement signalées sur ananas :

— *Dolichotetranychus floridanus* (Bank)

Cette espèce allongée (0,2 mm de long sur 0,07 de large) de couleur rouge-orangé (photo 92) se rencontre essentiellement à la base des feuilles les plus âgées où elle peut être observée en d'importantes colonies, et éventuellement à la base des folioles des couronnes.

Leur présence peut provoquer des nécroses « en dépression » de couleur brune (photos 90 et 91) et altérer le fonctionnement physiologique de la feuille (SCHWENDIMAN, 1981). De petites formations liégeuses éparées et un aspect général « rugueux » du milieu de la face supérieure du limbe des feuilles adultes sont souvent l'indice de leur présence à la base de la plante (photo 93).

Les feuilles étant âgées leur sénescence est accélérée ce qui n'a habituellement que peu d'incidences sur la croissance de la plante. Pour certains auteurs cependant il peut y avoir ralentissement marqué de la croissance et dépérissement progressif de la plante (DE ARRUDA et FLETCHMANN, 1967 ; REIS, 1975 ; PETTY, 1978 b ; GIACO-

MELLI et PY, 1981); ce serait le cas en particulier quand les attaques se produisent sur organes plus jeunes (feuilles en pleine activité de croissance).

Dolichotetranychus floridanus se rencontre en colonies particulièrement importantes sur des plants à croissance lente quelle que soit l'origine de ce rythme de croissance (déficit hydrique, carence minérale...). Certains auteurs estiment que cette prolifération intensive est due au fait que le ravageur trouve sur ces plants un environnement qui lui est particulièrement favorable (conséquence possible d'une architecture botanique très « aérée » due à la perturbation subie).

A l'appui de cette thèse le fait qu'il suffit que cet environnement se modifie par une croissance redevenant très active (à la suite de la levée du facteur limitant en cause : retour des pluies, application d'éléments fertilisants...) pour que les colonies s'affaiblissent et disparaissent.

— *Steneotarsonemus ananas*

Cette espèce plus petite que la précédente (0,15 mm \times 0,25 mm) de couleur grise se rencontre principalement sur l'inflorescence et le fruit en formation, en particulier dans les cavités florales, mais on peut la trouver également sur les parties non chlorophylliennes des jeunes feuilles de la rosette où elle se nourrit de trichomes.

Le cycle complet n'est que de 7 à 14 jours, ce qui permet la constitution en peu de temps d'importantes populations.

On a souvent associé la présence de cette espèce à certaines affections du fruit liées à des *Penicillium* sp. et *Fusarium* sp. (LE GRICE et MARR, 1970); (ROHRBACH et al., 1981) (cf. I. 4.2.1.3.1).

Il semble donc qu'au même titre que la cochenille *Dysmicoccus brevipes* (PETTY, 1978 a) *Steneotarsonemus ananas*, les favorise en véhiculant les spores de ces pathogènes à l'intérieur de la cavité florale, mais il ne semble pas que cette espèce intervienne directement dans les subérisations des loges carpellaires connues sous le terme de « leathery pocket » comme l'avaient pensé certains auteurs.

— *D'autres espèces d'acariens* sont également présentes sur l'inflorescence de l'ananas, essentiellement des espèces appartenant au genre *Tarsonemus* qui, se nourrissant de mycélium de champignons saprophytes sont considérées comme sans importance.

Comme on l'a évoqué plus haut une amélioration des conditions de culture peut suffire à reléguer au second plan l'impact de la présence de colonies d'acariens, cependant dans certains cas une lutte directe peut être bénéfique. Cela peut être le cas, en particulier, là où les maladies du fruit liées à des *Penicillium* sp. et *Fusarium* sp. ont une incidence économique notable.

Il existe sur le marché toute une gamme d'acaricides dont certains à base de spores de champignons permettent à l'égard de certaines espèces une lutte biologique. En faisant appel à des acaricides chimiques il est nécessaire d'en changer souvent afin d'éviter des formes d'accoutumance (cf. II. 9.11, p. 366).

I. 4.2.3.3. — RAVAGEURS AFFECTANT LE FRUIT — *Thecla basilides* PROVOQUANT LA GOMMOSE DU FRUIT (LIMITÉ À L'AMÉRIQUE LATINE)

Cette affection du fruit due au Lépidoptère : *Thecla basilides* (Geyer), est très répandue en Amérique Latine mais pas dans les Iles Caraïbes (à l'exception de Trinidad) ; elle est inconnue sur les autres continents.

Importance économique — Principaux symptômes

Thecla basilides est susceptible de causer de très importants dégâts aux récoltes d'ananas si aucune mesure n'est prise à l'encontre du ravageur (la presque totalité des fruits peuvent être plus ou moins affectés à certaines saisons). Sa présence a certainement fortement contribué, dans le passé, à mettre l'Amérique Latine à l'écart de l'essor de l'industrie de la conserve d'ananas à partir du début du siècle.

La larve, en pénétrant dans le fruit lors de sa formation, creuse des cavités plus ou moins profondes qui déforment le fruit et le rendent impropre à la commercialisation (photo 95). La plante réagit à l'activité de la larve par la formation d'exsudation de gomme de couleur ambrée, qui au contact de l'atmosphère se durcit et acquiert une couleur plus foncée, rappelant de la résine de pin d'où le terme de « résinose » parfois donné à ces exudations par les auteurs brésiliens. Il arrive que des infestations secondaires interviennent, quand elles sont à base de *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* elles sont alors plus fluides, hyalines, caractéristiques de la maladie de la « fusariose » (cf. I. 4.2.1.2.2).

Si le pathogène est susceptible de pénétrer dans l'inflorescence en l'absence de portes d'entrée créées par des ravageurs, il est fréquent dans les plantations peu entretenues que la larve de *Thecla basilides* soit un des principaux artisans de l'extension de cette maladie, tout comme de leur côté les papillons qui en visitant les inflorescences contribuent à la dissémination des spores et à leur accès aux voies de pénétration naturelles que recèlent les fleurs.

Quelques données sur la biologie du ravageur

Le papillon femelle de *Thecla basilides* est de faible dimension : 28 mm (photo 96). Ses ailes antérieures sont de couleur cendrée, bor-

dées de noir, avec franges à écailles blanchâtres ; ses ailes postérieures sont caractérisées par la présence de deux taches orangées bordées de blanc et de 2 paires d'appendices effilés.

Le mâle, de taille inférieure à la femelle, présente une grande tache noire au centre des ailes postérieures (FONSECA, 1973).

Attirée par l'inflorescence d'ananas dès qu'elle émerge de la rosette de feuilles, donc souvent avant que la 1^{re} fleur ne s'épanouisse, la femelle dépose ses œufs habituellement à la base d'une bractée florale (HARRIS, 1927) (photo 98). De couleur blanchâtre, finement réticulés et légèrement aplatis, ils ne mesurent qu'un peu plus de 0,5 mm. A l'éclosion de l'œuf qui intervient 5 jours plus tard, la larve mesure 1,5 mm, elle pénètre habituellement dans la base charnue de la bractée principale d'un « œil » du fruit ou d'une bulbille (photo 94), dévore les pièces florales et, de là, s'enfonce dans la chair du fruit en formation. 13 à 16 jours plus tard, elle réapparaît à la surface du fruit, elle peut atteindre près de 20 mm de long sur 6 de large. Son corps, d'une couleur de fond jaunâtre, apparaît de couleur rose vif du fait de la présence de stries longitudinales de cette couleur (photo 97). Elle se fixe alors habituellement dans les feuilles des bulbilles sous jacentes, se nymphose dans un cocon d'où émerge 7 à 11 jours plus tard l'insecte parfait. Le cycle complet va de 23 à 32 jours selon les caractéristiques physiques de l'environnement.

De nombreuses Broméliacées spontanées, peuplant les forêts et savanes avoisinantes, comme les plantations d'ananas en fin de cycle, peuvent servir d'hôtes à ce Lépidoptère. Elles constituent de véritables « réserves » à partir desquelles les papillons envahissent les plantations d'ananas lors de leur floraison. Le pourcentage de fruits atteints varie beaucoup en cours d'année, il est fonction des caractéristiques climatiques plus ou moins favorables à la multiplication du ravageur. Au Brésil, c'est sur les fruits récoltés d'avril à octobre correspondant à des interventions de novembre à mars que les dégâts sont les plus nombreux alors qu'au Mexique ils sont les plus nombreux sur les fruits récoltés d'octobre à mars.

Approches pour lutter contre le ravageur

Étant donné la distribution géographique actuellement limitée de ce ravageur, il est impératif d'empêcher son extension à d'autres continents en interdisant toute introduction non contrôlée de Broméliacées à partir du continent infesté.

Tous les cultivars ne se comportent pas de façon identique à l'égard du ravageur : les fruits de 'Perolera' sont d'une façon générale beaucoup moins attaqués que ceux des cultivars du groupe 'Cayenne'.

A Trinidad HARRIS (1922) a signalé la présence de parasites sur

larves : *Heptasmicra* sp. et une guêpe prédateur : *Polistes rubiginosus* mais aucune lutte biologique organisée n'a été entreprise jusqu'alors.

On peut, dans une certaine mesure, tenter de réduire l'impact du ravageur en orientant la production sur les mois où les risques d'obtention des dégâts sont moindres, mais, le plus souvent, des préoccupations d'ordre économique limitent la marge de manœuvre en la matière. La voie chimique, la seule efficace actuellement, consiste à intervenir pendant toute la période que dure la floraison (elle est développée dans le chapitre de la Protection Phytosanitaire de la partie II de l'ouvrage (cf. II.9.12, p. 366-367).

I.4.2.4. — Ravageurs « secondaires »

On n'abordera ici que des ravageurs plus ou moins spécifiques de l'ananas et non les « ravageurs communs », comme les sauterelles, certaines espèces de fourmis, ou de termites, les rongeurs... et les animaux supérieurs tels que les singes et les éléphants qui parfois ravagent les plantations africaines voisines de zones forestières, voire les hommes... : les plantations d'ananas, vu leur importance économique, n'ont-elles pas été dans certains pays la cible de terroristes... !

Les altérations dues aux « ravageurs secondaires » sont habituellement sporadiques contrairement à la plupart des autres ravageurs cités, mais elles peuvent éventuellement avoir des conséquences tout aussi sérieuses. La plupart appartiennent aux ordres des Coléoptères et des Lépidoptères. La publication récente par l'EMBRAPA (SANCHES, 1981) d'un inventaire exhaustif de la faune associée à la culture de l'ananas au Brésil complète fort heureusement la documentation les concernant étant donné le niveau élevé du paratisme sur cette plante dans ce pays d'origine de l'espèce : pour chacun d'eux en effet sont indiqués les plantes hôtes, leur biologie, l'habitat, et précisés les dégâts causés sur l'ananas.

I.4.2.4.1. — RAVAGEURS « SECONDAIRES » AFFECTANT LE SYSTÈME RACINAIRE

Elles sont dues surtout à des larves de coléoptères notamment à des vers blancs :

— *Phyllophaga portoricensis*, qui sévit sporadiquement plus particulièrement à Puerto-Rico et dans plusieurs autres îles des Antilles (GANDIA-DIAZ et SAMUELS, 1958).

— *Anomala orientalis* (Wate) et *Adoretus sinicus* (Burm) signalées aux Iles Hawaï, cette dernière espèce pouvant faire autant de dégâts sur la partie aérienne de la plante que sur les racines.

— *Trochalus politus* (Moser), *Adoretus tessulatus* (Burm), *Ado-*

retus ictericus et *Macrophylla ciliata* (Herlis) signalés en Afrique du Sud (PETTY, 1976 a et 1977 b).

Se nourrissant de racines quelque soit leur stade de développement, voire de la base des tiges, ils ralentissent ou arrêtent complètement la croissance de la plante provoquant de fortes hétérogénéités dans les plantations... et, naturellement, engendrent des baisses de rendement pouvant dans les cas extrêmes être très sensibles. Dans une expérimentation conduite en Afrique du Sud des infestations artificielles comprenant 5, 10 et 20 larves d'*Adoretus tessulatus* par plant ont réduit, en prenant comme référence le témoin, les masses racinaires de 58, 71 et 76,5 % respectivement.

Une autre espèce *Heteronychus arator*, également signalée en Afrique du Sud, constitue un cas particulier : seul l'adulte cause des dommages à la plante en se nourrissant principalement de la base de la tige ce qui ne manque pas d'altérer également les racines, la larve semble se nourrir exclusivement de matières organiques du sol (PETTY, 1978 d).

Dans les pays où ces ravageurs ont été étudiés on a pu identifier un certain nombre d'ennemis naturels et par des techniques culturales appropriées on parvient à limiter quelque peu les populations.

Les fumigants utilisés contre les nématodes ainsi que des nématicides systémiques ont d'après certains auteurs une certaine efficacité contre ces ravageurs. Leur apparition étant, le plus souvent, cyclique il n'est habituellement pas recommandé de faire des applications préventives avant plantation sauf, bien entendu, dans le cas où les indices permettent de prévoir de fortes infestations. Il est préférable d'intervenir « à la demande » en cours de végétation même si l'éventail des produits utilisables s'en trouve limité ; la gamme des produits actuellement offerte est suffisamment large pour se permettre d'agir de la sorte.

I. 4.2.4.2. — RAVAGEURS « SECONDAIRES » AFFECTANT TOUTE PARTIE AÉRIENNE DE LA PLANTE

— *Paradiaphorus crenatus* (Billberg) : Coléoptère de la famille des Curculionidae, signalé en divers pays d'Amérique latine.

La larve de coloration crème atteint 22 à 25 mm de long sur 10 à 12 de large. Elle creuse d'importantes galeries dans la tige pouvant même la sectionner (GALLO DOMINGO *et al.*, 1970) REIS R., 1981).

L'adulte est un hanneton noir de 20 à 22 mm de long sur 8 de large muni d'un rostre cylindrique et incurvé, typique de la famille des Curculionidae.

— *Cholus seabrai* : Coléoptère de la famille des Curculionidae, signalé au Brésil.

Il se nourrit en introduisant son rostre dans le pédoncule fructifère et dans les tiges des bulbilles. Dans le premier cas le fruit produit est habituellement sans valeur commerciale.

— *Castnia icarus* (Cramer) : Lépidoptère de la famille des Castniidae, signalé au Brésil.

La larve d'une longueur pouvant atteindre plusieurs cm creuse également d'importantes galeries dans la tige provoquant des courbures de la plante et affectant le poids moyen des fruits.

— *Lybindus dichrous* (Stal.) : Hémiptère de la famille des Coreidae, signalé au Brésil.

L'adulte mesurant 13 mm de long sur 4 de large a une tête de coloration rouge sombre, le reste du corps pouvant être de couleur légèrement différente. La femelle dépose ses œufs à la partie inférieure du pédoncule fructifère, les larves et adultes en se nourrissant de sève provoquent des déformations de l'inflorescence et du fruit.

— *Metamasius ritchi* (Marshall) : Coléoptère signalé en Jamaïque. La larve creuse d'importantes galeries dans la tige et le fruit (MARSHALL, 1961).

— *Augosoma centaurus* : Coléoptère de la famille des Scarabeidae, signalé en Côte-d'Ivoire. L'adulte venant de zones forestières voisines attaque plus particulièrement les plants porteurs d'inflorescences en cours de formation et surtout les fruits proches de leur maturité (GUÉROUT, 1974 b) (photo 88).

I.4.2.4.3. — RAVAGEURS «SECONDAIRES » AFFECTANT L'APPAREIL FOLIAIRE

— *Spodoptera exigua* : Lépidoptère signalé particulièrement en Afrique du Sud où la larve dévore la base des jeunes feuilles.

Les dégâts ne deviennent visibles qu'une fois que, sous la poussée de nouveaux tissus formés, la partie supérieure des feuilles, normalement érigée, s'affaisse laissant apparaître les bases « sectionnées » (PETTY, 1979).

Une espèce voisine : *S. exempta*, également signalée dans ce même pays, s'attaque plus particulièrement aux couronnes.

Au Brésil, *Parisoschoenus ananas*, coléoptère de la famille des Curculionidae, est signalé plus particulièrement, mais on fait également mention d'autres coléoptères : *Gladosius* sp. et de lépidoptères : *Monodes agrotina* et *Dynastor darius* (SANCHÉS, 1981).

L'adulte, de petite taille, se nourrit de la base non chlorophyllienne des feuilles en y faisant de petits orifices par où s'échappent des exsudations abondantes (CUNHA P. DA, 1973) ; quand une forte infestation exige une intervention chimique les produits utilisés à

l'encontre de *Thecla basilides* donnent habituellement des résultats satisfaisants, mais d'autres plus spécifiques sont souvent préférables.

I.4.2.4.4. — RAVAGEURS « SECONDAIRES » AFFECTANT PLUS SPÉCIALEMENT LE FRUIT

Différentes espèces de Lépidoptères sont signalées :

— *Batachedra* sp. : Considéré comme responsable de la gommose des fruits appartenant au cultivar 'Red Spanish' à Puerto-Rico. Le papillon femelle attiré par les inflorescences d'ananas dépose ses œufs sur un « œil », après une incubation de 6 à 7 jours la larve apparaît, elle pénètre dans le fruit provoquant de la part de la plante des exsudations gommeuses, et réapparaît à la surface au bout de 17 à 18 jours (elle mesure alors environ 8 mm de long). Elle tisse, habituellement sur la tige fructifère, un cocon et après une dizaine de jours l'insecte parfait apparaît. La durée totale du cycle va de 24 à 36 jours suivant les caractéristiques du milieu (PEREZ ESCOLAS, 1959). Les techniques de lutte sont identiques à celles préconisées dans le cas de *Thecla basilides*.

— *Pyroderces* sp. et *Decadarchis* sp. : Plusieurs espèces ont été identifiées sur 'Cayenne Lisse', la plus répandue dans le monde est *P. rileyi* (Walsm). En Côte-d'Ivoire on rencontre principalement *P. hemizepha* (Meyr.); aux Iles Hawaï *Decadarchis flavistriata* est plus fréquente.

Les larves roses de *P. rileyi* qui mesurent 8 à 10 mm de long, se nourrissent essentiellement de pièces florales desséchées mais peuvent pénétrer dans les loges ovariennes sous-jacentes ouvrant éventuellement la voie à divers pathogènes banals dont des *Penicillium* sp. Aucune lutte n'est entreprise à l'égard de ces microlépidoptères.

— *Lagria villosa*, Coléoptère de la famille des Lagriidae signalé au Brésil, sa présence favoriserait le développement de la maladie de la Fusariose sur fruit (cf. I.4.2.1.2.2) (VENTURA, 1982) (photo 89).

Sur fruits mûrs se développe une faune attirée par l'odeur caractéristique qui s'en dégage. Les espèces qui la composent cherchent à pénétrer par la moindre blessure et, de ce fait, avec le cortège de pathogènes banals qu'elles peuvent entraîner, activent l'altération du fruit. N'attaquant jamais les fruits verts, elles ne peuvent cependant être considérées comme des ravageurs à proprement parler.

Attirées également par les tiges en voie de décomposition elles activent leur évolution.

A Hawaï, trois espèces de Coléoptères ont été identifiées :

- *Carpophilus humeralis* (Fab).
- *Carpophilus hemipterus* (L.).
- *Haptoncus ocularis* (Fairm).

Les dégâts causés par la seconde sur fruits mûrs et les nuisances occasionnées dans les demeures avoisinantes ont conduit les chercheurs hawaïens à envisager une lutte biologique contre ce ravageur. Un Hyménoptère : *Zeteticontus* sp. parasite naturel de *C. hemipterus* a été introduit d'Israël. A des températures de 25-27° C en laboratoire le stade adulte est atteint au bout de 14-18 jours mais du fait de certains aspects de son comportement biologique, il ne semble pas que sur le terrain il puisse permettre un contrôle biologique satisfaisant de *C. hemipterus* (GERLING, BEN-MORDECHAI, 1981).

— En Malaisie deux espèces ont été identifiées :

— *Carpophilus foveicollis* Murr.

— *Haptoncus buteolus* Er.

ainsi que des fourmis et des mouches (LIM et LOWINGS, 1982).

I. 4.2.5. — Les Adventices

Placée dans la logique de l'ouvrage au sein du chapitre « La Plante et le Milieu biologique », la partie consacrée à l'incidence des adventices sur la culture y tient une place très particulière. En effet, la lutte contre celles-ci fait l'objet de la part du producteur de préoccupations constantes dans toutes les conditions de culture de l'ananas et doit s'intégrer dans tous les itinéraires techniques agronomiques mis en œuvre.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

L'ananas est une plante ne couvrant que très partiellement le sol pendant les premiers mois de végétation ce qui laisse le champ libre à l'installation d'une flore adventice variée si aucune mesure n'est prise à son encontre (photo 126). Ce fait est aggravé par le mode de plantation en ligne très généralement pratiqué.

La masse végétale que peut représenter cette flore peut être impressionnante : 130 t/ha (récoltés en 3 désherbages manuels successifs) dans une expérimentation menée au Cameroun (GAILLARD, 1971). Elle ne peut qu'avoir une action dépressive très marquée sur la croissance, le développement et, par voie de conséquence, le rendement. PINON (1976) a obtenu en Côte-d'Ivoire des rendements moyens de 14 t/ha dans des parcelles non désherbées, contre 79 t/ha dans les parcelles désherbées manuellement (8 désherbages ont alors été nécessaires) et 83 t/ha, soit 6 fois plus, dans les parcelles désherbées chimiquement avec interventions manuelles complémentaires.

Dans les régions constamment chaudes et humides, en l'absence d'herbicide, on compte pour entretenir correctement les plantations

d'ananas de 150 à 500 journées de travail/ha/cycle soit jusqu'à 75 % de la quantité totale de main-d'œuvre nécessaire à l'obtention du fruit sur pied.

La concurrence entre la plante cultivée et les adventices se situe au niveau des éléments nutritifs, mais surtout le plus souvent au niveau de l'eau et plus tardivement à celui de la lumière.

La flore adventice favorise par ailleurs la pullulation de ravageurs (nématodes, symphytes, larves de coléoptères, de lépidoptères...). Elle peut de plus comprendre des plantes hôtes des cochenilles transmettant la maladie du Wilt (cf. I. 4.2.2.2) ou, cas en particulier de deux adventices banales : *Emilia sonchifolia* et *Bidens pilosa*, être porteuse de virus du « yellow spot » transmis par des Thrips (cf. I. 4.2.2.1).

BIOLOGIE DES ADVENTICES

Une lutte économique contre la flore adventice implique une connaissance approfondie de la biologie de chacune des espèces qui la compose : cycle, exigences, parasites, mode de reproduction, dispersion... et la reconnaissance sur le terrain de tous leurs stades de développement.

Si la biologie des principales adventices des pays tempérés est habituellement bien connue il n'en est pas de même de celles de nombre de pays tropicaux où souvent les études ne font que débiter.

Par contre, on commence à disposer d'ouvrages qui permettent de reconnaître les différentes espèces à divers stades de développement (MERLIER et MONTEGUT, 1982).

La composition de la flore adventice des cultures d'ananas peut varier dans de larges proportions d'un site à l'autre. Cependant la relative uniformité des techniques pratiquées dans le monde et le faible éventail des herbicides utilisés a entraîné une sélection et la création d'une certaine « flore de base » que l'on retrouve dans la très grande majorité des pays producteurs. Au sein de cette flore certaines espèces sont particulièrement redoutées parce que difficiles à contrôler ; quelques données les concernant et les techniques de lutte spécifiques à chacune d'elles sont abordées dans le chapitre Protection Phytosanitaire de la II^e partie de l'ouvrage (cf. II. 9.14).

Il est certain qu'actuellement, étant donné le niveau des connaissances accumulées et leur faible diffusion parmi les producteurs, le coût de la lutte reste élevé et peut être la source de graves pollutions. Il est indispensable dans ce domaine particulier de la Défense des Cultures que l'on s'achemine vers l'adoption de techniques de lutte intégrée où l'utilisation d'herbicides chimiques ne constituerait qu'un des volets de l'opération.

APPROCHES POUR LE CONTRÔLE DES ADVENTICES

Approches bio-écologiques

Elles tendent,

— soit à favoriser la croissance et le développement de l'ananas pour lui permettre de devancer la concurrence d'adventices,

— soit à assainir le sol avant plantation,

- en faisant précéder la culture de l'ananas d'une plante très « couvrante » et/ou

- en le travaillant de façon à forcer la germination de graines, les jeunes plantules sont alors détruites peu après, et en extirpant les organes de multiplication et de conservation.

La lutte biologique n'a fait l'objet, jusqu'à maintenant, que de tentatives très limitées :

A Hawaii on a introduit une mouche originaire du Mexique (*Procecidochares utilis*) dont la larve réduit considérablement le développement d'une espèce ligneuse : *Eupatorium adenophorum* (NAKO, 1966).

Dans de nombreux pays, *Cyperus rotundus* est parasité par des rouilles mais aucun contrôle organisé n'a jusqu'à présent été entrepris.

Approches chimiques

L'emploi des herbicides en culture d'ananas a connu à partir des années 50 un développement considérable sans lequel aurait disparu la majorité des plantations situées en région à coût de main-d'œuvre élevé (PY, 1978).

Les herbicides sont rarement employés seuls. Très fréquemment c'est une combinaison entre le désherbage « mécanique » et le désherbage « chimique » qui se révèle être la formule la plus rentable.

On fait appel aux herbicides chimiques essentiellement à quatre périodes bien distinctes du cycle de la plante :

- à la préparation du terrain,
- à la mise en terre des rejets,
- en cours de végétation,
- après la récolte du fruit.

A chacune de ces périodes on se trouve dans des situations très différentes.

Les techniques de traitement proposées, les principales caractéristiques des produits utilisés et les moyens mécaniques susceptibles d'être mis en œuvre sont développés dans le chapitre de la Protection Phytosanitaire de la II^e partie de l'ouvrage (cf. II. 9.14, p. 368-376).

I. 5. — DE LA BIOLOGIE A LA PHYTOTECHNIE

Par rapport aux plantes cultivées industriellement, l'ananas présente des caractères botaniques et physiologiques originaux liés à une certaine parenté épiphytique (cf. Botanique I. 3.1) et à son métabolisme carboné particulier (cf. I. 3.2). Cette plante peut s'adapter à des milieux très divers (cf. Écologie 1.4.1.1 et 1.4.1.2) qui affectent cependant son comportement d'une façon profonde. Elle montre par ailleurs une grande sensibilité au milieu biologique (cf. I. 4.2).

I. 5.1. — LONGUEUR DU CYCLE — POIDS ET QUALITÉ DU FRUIT RENDEMENT/HA

Il est assez difficile de caractériser la potentialité des principales zones de production. Plusieurs auteurs l'ont essayé et le tableau 38 tente d'en donner un aperçu assez imparfait. Les données qui peuvent être collationnées n'ont pas toujours toute la fiabilité souhaitable. Elles sont surtout difficilement comparables, car la production dépend en grande partie de l'adéquation des techniques culturales (Fertilisation II. 7, Irrigation II. 8, Parasitisme II. 9, Contrôle du cycle II. 10) aux caractéristiques du milieu physique et biologique.

Les rendements en fruit récoltés/ha (première récolte) sont le plus souvent compris entre 30 et 100 tonnes, ils intègrent des densités de plantation elles-mêmes très variables suivant les localisations. Mais il est souvent préférable de caractériser la production en se basant sur la longueur du cycle et le poids du fruit, elle s'exprime alors en tonnes de fruits/ha/mois d'occupation du terrain (c'est-à-dire en nombre total de mois de « plantation à replantation » intégrant éventuellement plusieurs récoltes successives). L'intervalle de variation est alors beaucoup plus large. Hormis les situations où les saisons sont bien différenciées, la phase de fructification a une durée qui varie relativement peu par rapport à la phase végétative. Cette dernière est plus longue et plus variable. Elle subit plus fortement l'influence des conditions du milieu et du niveau technique de la

TABLEAU 38

Quelques caractéristiques du cycle de culture des différents pays

LOCALISATION	CULTIVAR	REJET, PLANTE	DENSITE DE PLANTATION	TEMPS DE PLANTATION A INDUCTION FLORALE	POIDS FRUIT EN PREMIERE RECOLTE	REFERENCE
MARTINIQUE - Morne Rouge (350 m)	Cayenne	Cayeu	66 000	11 mois (A)	1.28	LACOEUILHE GICQUIAUX 1971
- Basse Pointe (60 m)	Cayenne	Couronne	55 000	10 mois (A)	2.00	LACOEUILHE 1979
- Lamentin (20 m)	Cayenne	Cayeu	51 000	10 mois (A)	1.85	LACOEUILHE GICQUIAUX 1971
COTE D'IVOIRE - Bonoua	Cayenne	Cayeu	51 000	11 mois (A)	1.80	PINON 1975
- Anguédédou	Cayenne	Cayeu	51 000	9 mois (A)	1.80	LACOEUILHE 1978
- Yamoussoukro	Cayenne	Cayeu		(A)		COMBRES 1981
AUSTRALIE - Yeppoon	Cayenne	Bulbille	36 000	16 mois (BOH)	1.65	JORGENSEN 1973
HAWAII - Wahiawa	Cayenne	Bulbille	43 000	14 mois (BOH)	2.36	BARTHOLOMEW KADZIMIN 1977
TAIWAN - Toulieu	Cayenne	Bulbille	44 444	16 mois	1.62	SU 1969
VENEZUELA - Sarara (Lara)	R.S.	Bulbille	27 780	(E)	1.49	ANTONI-LEAL 1980
BRESIL - PITANGUERAS (SP)	Cayenne	Bulbille	55 600	12 mois (A)	1.60	PY GIACOMELLI 1973
- Coração de Maria (BA)	Perola	Cayeu	27 500	10 mois (E)	1.36	REINHARDT 1980
CAMEROUN - Nyombé	Cayenne	Cayeu	61 500	6 mois (A)	1.60	GAILLARD 1970
COLOMBIE - Cali	Perolera	Bulbille	49 300	16 mois (E)	1.67	GUYOT 1982

R. S. : Red Spanish

A : Acétylène

BOH : Betahydroxy ethylhydrazine

E : Ethephon

culture. Le poids du plant, sa masse foliaire, le poids de la feuille D au moment de l'initiation florale sont liés par des corrélations étroites au poids du fruit (PY et LOSSOIS, 1962 ; TAY et WEE, 1973 (cf. I. 3.4.3)). L'âge auquel l'induction florale est réalisée permet donc de caractériser assez bien la production du fruit dans des conditions données.

Au cours de la phase de fructification, la production de la matière sèche est certes très active (cf. Croissance I.3.5) pour le « remplissage » du fruit, mais la croissance dépend pour une bonne part de l'état du plant au moment de l'initiation florale (état nutritif, activité racinaire). Pendant cette phase, le fonctionnement phytosynthétique peut être affecté principalement par un défaut de l'alimentation

hydrique, minérale ou un parasitisme racinaire, qui a aussi une influence sur la qualité du fruit. D'une façon peut-être un peu schématique, le rendement quantitatif s'élabore essentiellement pendant la phase végétative (même si l'initiation florale joue un rôle important (cf. plus loin) alors que le rendement qualitatif résulte surtout de la phase de fructification).

I. 5.2. — PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE — EFFICIENCE DE L'EAU

Les différences observées entre sites pour la durée de la phase végétative sont essentiellement dues à l'activité photosynthétique imposée par les conditions climatiques. Les plantes comme l'ananas ont la faculté d'adopter deux types de métabolisme dont le rendement photosynthétique est différent (cf. Métabolisme carboné I. 3.2). Selon leur importance respective, la production de matière sèche est plus ou moins active. La croissance est d'autant plus rapide que la plante peut fixer du gaz carbonique pendant le jour avec un rendement phytosynthétique élevé.

De nombreux facteurs induisent l'un ou l'autre type de fixation du gaz carbonique. Cette aptitude de l'ananas à réagir aux fluctuations du milieu s'appuie sur des sensibilités affûtées et nombreuses qui pourraient être excessives sans l'existence de rythmes endogènes régulateurs.

Parmi les facteurs qui induisent le métabolisme crassulacéen, l'alimentation hydrique de la plante est certainement l'un des plus importants. Celle-ci peut être déficitaire par défaut de l'offre (pluviosité, rétention du sol) ou par insuffisance de l'absorption par les racines (rôle du parasitisme et des techniques culturales). Le déficit, en infléchissant le métabolisme crassulacéen, permet une utilisation plus efficiente de l'eau disponible pour la plante (réduction de la transpiration). Tant morphologiquement que physiologiquement, l'ananas montre sa capacité à gérer des quantités limitées d'eau.

Cela conduit souvent à considérer que cette plante est adaptée à des zones sèches, d'autant plus qu'un déficit hydrique passager est moins grave qu'un excès d'humidité du sol pendant une durée équivalente (cf. I. 4.1.1).

Du point de vue agronomique, il n'en est pas moins évident qu'on a intérêt à rechercher un rendement photosynthétique élevé grâce à une bonne alimentation hydrique de la plante et par conséquent à mettre en œuvre toutes les techniques culturales nécessaires pour y parvenir dans la limite d'une rentabilité normale.

Il est cependant rare qu'un métabolisme se rapprochant du type mésophytique puisse s'installer durablement, sans qu'un autre fac-

teur impose un changement. Il s'agit le plus souvent du rayonnement qui amène :

— une forte évaporation du sol non couvert et son dessèchement superficiel. La profondeur de l'enracinement est souvent insuffisante pour éliminer la sensibilité à des dessications rapides, sensibilité souvent accrue par le défaut d'aération du sol et le parasitisme des racines. La faiblesse relative du système racinaire est un obstacle à la bonne alimentation hydrique de la plante,

— une température excessive du feuillage avec des gradients thermiques élevés. Il en résulte vraisemblablement des différences notables au niveau des réactions enzymatiques et de la régulation stomatique (AUBERT et BARTHOLOMEW, 1973) dans un sens défavorable à la croissance. Cet effet thermique se manifeste également au niveau du fruit avec des conséquences importantes sur sa qualité (cf. I. 4.1.4).

I. 5.3. — L'INDUCTION FLORALE ET SES COROLLAIRES

A côté de tous ces facteurs, la possibilité d'induire artificiellement la floraison, cas unique parmi les plantes cultivées à grande échelle, joue un rôle prépondérant dans l'élaboration du rendement.

L'incitation à la floraison est un moment-clé. L'état du plant à cet instant, aboutissement de la phase de croissance végétative, détermine le nombre de fleurs individuelles, élément prépondérant du rendement (cf. I. 3.4.3). Il conditionne aussi pour une bonne part, le « remplissage » des fruits élémentaires ainsi que la croissance des rejets. Cependant, spécificité de l'ananas, l'incitation artificielle à la floraison intervient par sa nature, sur le déterminisme du poids du fruit (cf. I. 3.4.1.2 et II. 10).

La mise au point de l'induction de la floraison a modifié les aires de culture de l'ananas. Les zones proches de l'équateur, chaudes et humides, favorables à une production rapide de la matière sèche, ont pu être mises en valeur lorsque les floraisons, qui y sont « naturellement » erratiques ont pu être contrôlées artificiellement. Hautement productives, ces zones sont, de plus, favorables à un étalement optimal de la production tout au long de l'année. Cet aspect est également important tant qu'il n'est pas possible de s'affranchir des floraisons « naturelles » nombreuses dans les régions de latitude élevée où les rythmes saisonniers sont bien différenciés.

Les conditions équatoriales humides ne sont cependant pas exactement celles qui assurent la meilleure qualité des fruits notamment de Cayenne lisse. Dans ces régions, la recherche des zones adaptées à la culture de l'ananas doit comporter une part de compromis entre

la productivité et la qualité des fruits, tant que des cultivars mieux adaptés à des milieux chauds et humides n'auront pas été mis au point.

L'induction artificielle de la floraison ne peut être bénéfique que si les fruits correspondent aux normes de commercialisation, qui peuvent être relativement étroites selon les buts économiques recherchés. Cela suppose que l'état de croissance du plant au moment de l'induction soit caractérisé de façon suffisamment précise dans son rapport avec le fruit qui doit être obtenu.

C'est ainsi que plusieurs corrélations ont pu être établies pour des sites et itinéraires techniques définis (cf. I. 3.4.3). Elles présentent un grand intérêt agronomique pour la conduite des parcelles. Des connaissances plus complètes sur les transformations qui accompagnent la mise à fruit aideraient probablement à conduire mieux encore la culture. La maîtrise technique progressive de la floraison par rapport à la vitesse de croissance du plant a permis le raccourcissement des cycles de culture. On ne peut cependant pas être certain que toutes les conséquences pratiques en aient été tirées à cause de connaissances théoriques insuffisantes.

Dans la pratique, la réussite de l'induction florale est rarement totale. Celle-ci constitue par conséquent un élément décisif du rendement agronomique et introduit une source d'hétérogénéité dans la parcelle notamment pour la croissance des cayeux et les récoltes ultérieurement éventuelles.

I. 5.4. — ÉTAT DU PEUPLEMENT

Les corrélations mentionnées ci-dessus s'intéressent à la croissance moyenne observable sur une surface. Mais une forte variabilité existe entre les individus. Or, tous les plants qui ne sont pas susceptibles de donner des fruits commercialisables, sont en fait non productifs, au même titre que ceux qui ne fleurissent pas en temps voulu. L'état du peuplement au sommet de l'induction florale a ainsi une importance essentielle.

L'utilisation de clones (individus identiques) et non pas de populations plus ou moins hétérogènes est évidemment toujours souhaitable pour obtenir une homogénéité suffisante du peuplement ; mais d'autres facteurs doivent également être pris en considération.

L'ananas, qui a conservé certains caractères épiphytes, a un système racinaire assez peu développé et relativement fragile. Ce « point faible » est souvent à l'origine de l'hétérogénéité entre individus. Or, les conditions qui permettent d'augmenter le rapport racines/parties aériennes sont en général des facteurs favorables à la productivité et aux économies d'intrants. Ce rapport varie avec l'âge de la plante et

sa diminution s'observe chez toutes les espèces. Cette variation est particulièrement importante chez l'ananas. La croissance racinaire (cf. I. 3.3.2) assez rapide au début, se ralentit assez vite, alors que la croissance foliaire augmente plus vite et plus longtemps (cf. I. 3.3.4). De plus, la grande sensibilité du système racinaire à des facteurs défavorables (sol, parasites) cf. I. 4.1.2, I. 4.2), constitue un élément d'aggravation important. Le rapport racines/parties aériennes ne pouvant se situer au-delà de certaines limites (équilibre des métabolites et des hormones) les risques de ralentissement de la croissance imputables à une déficience racinaire sont élevés tant au niveau de l'individu que du peuplement. La productivité en dépend largement pour les fruits comme pour les rejets (reproduction ou récoltes ultérieures).

Comme pour toute plante à multiplication végétative, les caractéristiques initiales du matériel végétal utilisé pour la mise en terre sont particulièrement importantes. La nature et le poids de ces rejets sont souvent les critères utilisés dans la pratique (II. 6). Les études en milieu contrôlé montrent cependant que ces données sont tout à fait insuffisantes pour caractériser leur état physiologique. La capacité à émettre des racines qui leur permettent d'acquérir leur autonomie, est la principale cause d'hétérogénéité initiale entre les plants.

Le sol dans lequel s'insèrent ces racines permet ou non l'expression de ce potentiel initial. Il n'est pas homogène (température, humidité, aération, éléments minéraux, parasites, symbiotes) et tend à accroître la variabilité. L'importance de cette phase d'installation du système racinaire est très grande (cf. I. 3.3.2). Plus elle est longue (sécheresse par exemple), plus l'hétérogénéité est favorisée.

De la durée de cette phase initiale dépend également la vitesse avec laquelle le sol est couvert par la végétation. Si l'ananas peut avoir des indices foliaires (surface foliaire/surface de sol occupé) très élevés (cf. Métabolisme carboné I. 3.2), le sol reste longtemps largement découvert (Fig. 62) à cause de la croissance initialement lente. Au cours de cette période, plusieurs facteurs sont de ce fait, susceptibles de limiter la croissance des individus : érosion, modification de l'état structural, thermique et hydrique du sol, lixiviation des éléments minéraux, compétition des adventices. Des facteurs biologiques s'y ajoutent avec le parasitisme dont l'importance, comme celle des adventices, varie dans le temps avec l'état initial et la dynamique des populations (cf. La plante et le Milieu biologique I. 4.2).

En agissant en particulier sur le système racinaire, tous ces facteurs déterminent le comportement de la végétation face aux états du milieu qui sont variables dans le temps et aussi dans l'espace. Ils contribuent à l'évolution de l'hétérogénéité qui tend toujours à s'accroître avec le temps (HAINNAUX et de RICAUX, 1977 a) et qui se

manifeste *avant* que la compétition entre les individus du peuplement apparaisse.

Les phénomènes de compétition sont apparemment peu importants au niveau des parties aériennes pendant la phase de croissance végétative pour une large gamme de densités de plantation (BARTHOLOMEW et KADZIMIN, 1977). Par contre, une certaine concurrence apparaît assez rapidement au niveau du sol.

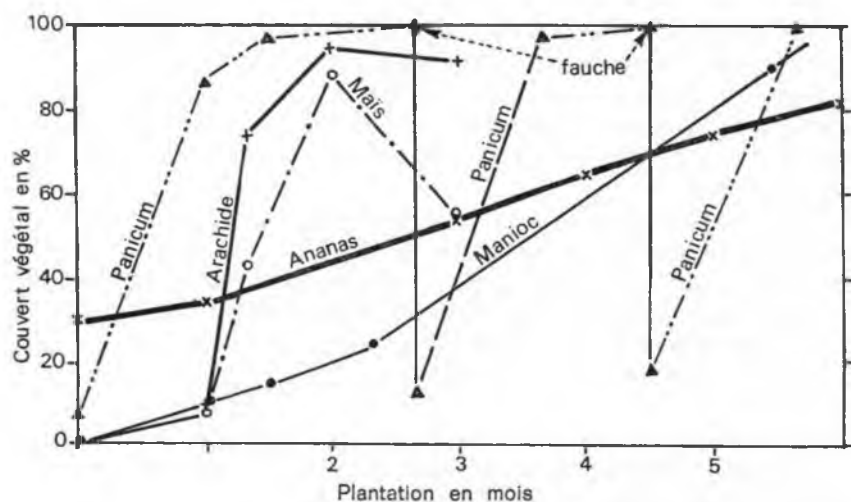


FIG. 62. — Évolution du couvert dû à l'ananas comparé au couvert dû à d'autres cultures. Côte-d'Ivoire (ROOSE *et al.*, 1979).

I.5.5. — NUTRITION DE LA PLANTE

La faiblesse relative du système racinaire limite les possibilités d'absorption des éléments minéraux. Au fur et à mesure que la plante vieillit, son état nutritif devient le facteur prépondérant dans l'évolution du peuplement.

Deux éléments doivent cependant être pris en considération :

— La morphologie de la plante favorise l'absorption foliaire. Cette possibilité est largement utilisée en culture industrielle avec la pratique des pulvérisations foliaires.

— La capacité d'absorption des racines par rapport à l'offre du milieu est grande (TISSEAU R., 1971). Ce caractère est important notamment à cause de la dynamique rapide de l'azote dans les sols des pays tropicaux humides. Il ne peut cependant avoir un intérêt que grâce aux capacités d'accumulation, de stockage de la plante, illustrée par l'équilibre azote-croissance de la feuille (MARTIN-PREVEL,

1959 a). Certaines variations de l'offre du milieu peuvent ainsi être exploitées avec profit. L'absorption des éléments minéraux peut précéder les besoins de la plante et l'aider à traverser des conditions provisoirement difficiles, défavorables à la croissance (déficiences passagères, sécheresse, excès d'eau, ...).

Ces possibilités restent cependant d'un intérêt relativement limité dans les conditions naturelles, où les disponibilités en azote en particulier, sont très souvent limitantes. Cependant, grâce à la fertilisation, les éléments minéraux qui sont à la disposition de la plante peuvent être contrôlés beaucoup plus facilement que d'autres facteurs mentionnés précédemment : humidité, température, lumière. La fertilisation permet, en augmentant le rapport parties aériennes/racines, d'améliorer la productivité globale (vis-à-vis de l'ensemble des facteurs). Elle joue de ce fait un rôle très important dans la conduite de la culture.

La fertilisation doit exploiter les deux caractères de la plante mentionnés ci-dessus. Le relais du sol, réservoir naturel des éléments minéraux où la plante vient puiser, n'est pas nécessairement le seul à utiliser (absorption foliaire). Pour que l'état nutritif de la plante ne soit jamais limitant, le rythme d'absorption des éléments minéraux doit toujours anticiper les rythmes de la croissance (capacité de stockage).

Au cours de la croissance végétative, les besoins en éléments minéraux sont déterminés par la production potentielle de matière sèche, qui résulte des facteurs écologiques. Le métabolisme carboné tient donc là aussi une place importante. Les relations entre le fonctionnement métabolique particulier de l'ananas et la nutrition de la plante pourraient être riches en enseignements plus particulièrement peut-être en ce qui concerne la qualité du fruit. Celui-ci ne constitue que 40 % environ de la matière sèche produite par le cultivar Cayenne lisse.

Finalement, la nutrition de la plante est un des facteurs les plus faciles à contrôler. La fertilisation est un des principaux moyens pour améliorer la rentabilité de la culture. Elle ne peut cependant pas être utilisée de façon isolée à l'intérieur du système plante-sol-climat-techniques.

DEUXIÈME PARTIE

PHYTOTECHNIE

Cette 2^e partie constitue le prolongement *appliqué* de la première. Elle se propose de présenter les moyens auxquels on peut faire appel pour utiliser la plante au mieux des intérêts de l'homme en fonction des contextes économiques, écologiques mais aussi structurels et sociaux les plus couramment rencontrés.

On s'est efforcé pour chacune des étapes par lesquelles passe nécessairement toute plantation de présenter un ensemble de données de base complétées de données pratiques afin d'aider les producteurs dans leurs orientations et leur choix... qui doivent les conduire à définir leur stratégie d'ensemble et à mettre au point des itinéraires techniques adaptés à chacune de leurs conditions.

Pour limiter l'importance de l'ouvrage on a volontairement restreint le cadre de cette 2^e partie essentiellement à celui d'une culture intensive du cultivar 'Cayenne Lisse' le plus utilisé dans le monde. Pour d'autres types de cultures, associés ou non à d'autres cultivars on s'est contenté d'allusions non détaillées.

En annexe de cette partie on trouvera trois tableaux synoptiques présentant les anomalies et « accidents » les plus couramment rencontrés en culture d'ananas avec indication de leurs origines. Le premier constitue une démarche pour porter un diagnostic sur l'état végétatif global d'une parcelle, basé sur différents types d'hétérogénéité constatés.

II. 1. — SYSTÈMES DE CULTURE — ASSOCIATIONS DE CULTURES

II. 1.1. — LA GAMME DES SYSTÈMES DE CULTURE

La gamme des systèmes de culture actuellement pratiqués en culture d'ananas dans le Monde est relativement large — mais en fait, la grande majorité des plantations suivent des systèmes qui diffèrent peu les uns des autres.

A l'une des extrémités de la gamme des systèmes existants on peut citer le système de culture dit « de cueillette » consistant à la collecte de fruits à des fins alimentaires sur des populations naturelles. C'est le cas avec « l'ananas do indios » (dont la place dans le genre « Ananas » n'est pas encore bien définie (cf. I. 1) que l'on rencontre sous couvert arboré dans les forêts dégradées du plateau central brésilien (« cerrados ») en particulier aux alentours de Brasilia.

Un système un peu plus élaboré, encore largement pratiqué à l'heure actuelle chez certains cultivars des groupes Spanish, Queen et Pernambuco consiste en un nombre très limité d'interventions humaines : préparation sommaire du terrain, mise en terre côte à côte de matériel végétal de tout type, en toute saison, sans distinction parcellaire de cycles, quelques façons superficielles pour endiguer les adventices, et collecte de fruits. La culture reste en place de 4 à 5 ans à parfois plus de 20 ans par le jeu des générations végétatives successives, et conduit habituellement à une à deux pointes de récolte annuelles à périodes fixes avec des rendements croissants les premières années pour diminuer et se stabiliser ensuite avec le développement des parasites.

A l'autre extrémité de la gamme, on peut citer les systèmes de culture très sophistiqués mis au point dans un but de profit maximum immédiat. Ils font le plus souvent appel à de nombreux intrants dans le but d'obtenir des rendements les plus élevés possibles à l'unité de temps d'occupation du terrain, ce qui implique en général plusieurs récoltes successives sur le même plant et cherchent à valoriser au maximum tous les produits de la culture.

II. 1.2. — LES PRINCIPAUX FACTEURS DÉTERMINANT LES SYSTÈMES DE CULTURE

Objectifs économiques

Les systèmes de culture sont le plus souvent déterminés en premier lieu par la *demande* du marché avec ses doubles aspects : quantitatif et qualitatif.

Pour produire de petites quantités de fruits destinés à être vendus sur des marchés locaux, on adopte un système de culture différent de celui retenu pour une production massive devant être traitée en usine ou pour une production sophistiquée destinée à des exportations en frais.

La demande, par ailleurs, dicte souvent la date de récolte, cela est particulièrement vrai dans le cas d'exportations en frais pour lesquelles la production doit se placer en dehors des récoltes fruitières locales.

Environnement physique

L'environnement physique impose des contraintes qui contribuent à la détermination du système de culture : en terrain accidenté on doit souvent adopter un ensemble de mesures destinées à limiter l'érosion (culture en bandes appartenant à des cycles différents, culture en courbes de niveau ou à « lit de pente »...).

Certaines caractéristiques édaphiques ou climatiques peuvent imposer des itinéraires techniques particuliers dont le cumul est susceptible de conduire à des systèmes de culture pouvant diverger sensiblement les uns des autres.

C'est en condition de culture marginale que l'on a la plus grande diversité en matière de systèmes de culture.

Environnement biologique

La présence de certaines maladies ou ravageurs peut imposer des dates de récolte nécessitant l'adoption de certaines techniques culturales voire de systèmes de culture différents.

Disponibilités en terre — Statut foncier

Là où les disponibilités en terre sont limitées on est souvent contraint d'adopter un système de culture imposant de hauts rende-

ments/ha pour « amortir » par exemple les services d'un chef d'exploitation et/ou des investissements (stations de conditionnement, équipement agricole spécialisé). Suivant le statut foncier, l'exploitant aura par ailleurs inévitablement tendance à « penser » en court terme ou à plus ou moins long terme...

Matériel végétal de plantation

Certains cultivars tels que 'Natal Queen' ont des caractéristiques botaniques et physiologiques qui divergent sensiblement de celles des cultivars du groupe 'Cayenne', ce qui amène parfois à l'adoption de systèmes de culture très différents (culture en touffe, utilisation de cayeux ayant fructifié (stumps) comme matériel de plantation...).

Par ailleurs, pour un même cultivar, on adopte souvent en début d'une opération de développement un système de culture qui diffère sensiblement de celui que l'on suit une fois atteint le « régime de croisière » dans le but, en particulier, de favoriser au maximum la production de rejets (cf. II. 13).

Niveau de consommation en intrants — Souci de préservation de l'environnement

Que les possibilités d'approvisionnement en moyen de production soient limitées ou que l'on s'impose des restrictions dans ce domaine par souci d'économie en produits importés, ou enfin que l'on se propose d'améliorer la préservation de l'environnement, on cherche dans tous les cas à accroître le ratio de l'énergie produite (ou utilisable) à l'énergie injectée dans le système ce qui doit conduire à l'adoption de systèmes de culture particulièrement performants sur le plan de l'utilisation en intrants, bien différents de ceux pratiqués en l'absence de restrictions dans ce domaine.

Le coût de la main-d'œuvre, lié dans les pays en voie de développement aux disponibilités en celle-ci, détermine dans une large mesure le niveau de mécanisation (qui dépend lui-même, par ailleurs, de la topographie des lieux, voire de certaines caractéristiques physiques) donc en définitive largement le système de culture suivi.

Enfin, l'établissement d'un système de culture peut également s'inscrire dans le cadre d'une politique de développement régional dont les finalités multiples peuvent conduire à privilégier les aspects sociaux. La nature des contraintes est alors toute différente, elle a trait le plus souvent à l'organisation de la production qui peut conduire à l'adoption de certains types de systèmes de culture (recommandables par exemple que dans le cas de regroupement de cultures).

II. 1.3. — RECHERCHE DE CULTURES ASSOCIABLES A LA CULTURE DE L'ANANAS

Parmi les nombreux systèmes de culture en usage ou envisagés, beaucoup cherchent à associer à la culture de l'ananas celles d'autres espèces végétales dans le but final de mieux utiliser le milieu afin d'améliorer la rentabilité des cultures, mais également avec souvent comme objectifs « intermédiaires » soit de réduire les quantités d'intrants, soit de chercher à préserver l'environnement, soit enfin de chercher à esquiver les conséquences de facteurs défavorables du milieu.

Les associations avec l'ananas peuvent se concevoir en réalisant des *rotations de culture* ou des *cultures en intercalaires*.

Le type de *rotation de culture* le plus anciennement pratiqué dans nombre de pays en voie de développement consiste à faire pour un temps une culture d'ananas derrière un défrichement, le terrain est ensuite abandonné et ne tarde pas à être envahi par un recru forestier souvent du même type que celui dont on est parti quand on a eu à faire à un boisement très dégradé. Cinq à sept ans s'écoulent habituellement entre 2 cultures d'ananas.

Un progrès technique notable consiste à faire appel à une « plante améliorante » entre deux cultures d'ananas : plante capable de fixer de l'azote (légumineuse), plante à enracinement très profond (permettant une récupération partielle des éléments lixiviés et améliorant le sol en profondeur), plantes qui se révèlent de mauvais hôtes pour certains parasites des racines de l'ananas tels que les nématodes (*Tagetes*)... mais certaines plantes peuvent également remplir plusieurs offices à la fois : amélioration du sol et diminution des populations parasites des racines, c'est le cas, en particulier, de : *Crotalaria usaramoensis*, *Flemingia congesta* et, à un moindre degré, *Stylosanthes gracilis*. Avec les deux premières on a pu obtenir, en cumulant les deux effets positifs, des augmentations de rendement de 25 à 32 % (FOSTER, 1953 b ; Anonyme, 1975 ; TISSEAU M.A., 1969 ; GODEFROY et GUÉROUT, 1969).

Un pas en avant dans la sophistication consiste à faire appel à une plante dont on peut tirer un revenu ; la plus communément cultivée en rotation avec l'ananas est la canne à sucre. On est souvent limité dans le choix des « plantes-tiers » du fait de l'emploi en culture d'ananas d'herbicides à action résiduelle longue (des études ont été entreprises récemment à Hawaï pour connaître les effets résiduels du diuron sur différentes plantes). Dans les sites où les études ont été entreprises les effets résiduels étaient devenus négligeables au bout de 6 mois (ELDER *et al.*, 1981)). Cependant avec le développement de

la fabrication d'applicateurs à humectation d'un support d'herbicides de contact de préémergence sans effet résiduel dans le sol (tels que le glyphosate) cet obstacle devrait être levé ; ce qui devrait permettre d'élargir la gamme des cultures en rotation avec l'ananas et en particulier, de faire plus largement appel à des plantes telles que le bananier, le soja et toutes les plantes légumières ; mais le problème se pose en termes très différents suivant la durée des cultures.

La culture intercalaire de son côté peut se concevoir de deux façons : soit l'ananas est en « intercalaire » de plantes à développement végétatif plus important, soit, à l'inverse, la plante-tiers est cultivée en intercalaire de l'ananas.

Dans l'un ou l'autre cas, on vise en premier lieu une meilleure productivité du sol tout en cherchant parfois soit à élargir la gamme des productions à des fins diverses, soit à réaliser des économies sur les intrants.

Les « plantes-hôtes » les plus couramment rencontrées dans le premier cas sont : le palmier-à-huile, le palmier-dattier, le cocotier (photo 106), des essences forestières : *Acacia albida*, ou diverses espèces fruitières : agrumes, avocatiers, manguiers, plus rarement caféier, passiflores (photos 103, 104). L'association papayer-ananas donne des résultats particulièrement intéressants dans les pays à climat de type sahélien : l'ombrage du papayer permet de limiter l'échauffement des feuilles et, par là, favorise la croissance et le développement de la plante (KAPLAN, 1976 a ; PY, 1980 ; LEE, 1972 (photo 103)). Habituellement l'ananas reste en place au plus 2 à 3 cycles : tant que la frondaison des plantes ligneuses ne devient pas un facteur limitant « pesant » pour la culture d'ananas ; mais d'autre fois, cas de culture sous palmier-dattier en zone désertique, ou de cocotier en bordure de mer, ce type d'association fait partie intégrante du système de culture en usage : l'ananas est alors cultivé à titre permanent au même titre que des céréales ou des légumes.

Dans le second cas : cultures en intercalaires de l'ananas, on fait appel à des plantes à croissance rapide et à faible développement : leur cycle doit être court, du moins en culture d'ananas à haute densité (écartement entre rangées : 90 à 100 cm). Parmi les plus utilisées à cet effet on doit signaler : l'arachide (photo 105), le riz (photo 107), le manioc (photo 108), le piment et diverses espèces de légumes : haricots, laitue... (LEE, 1972 ; GIACOMELLI et PY, 1981). Leur présence contraint le producteur à maintenir ses plantations parfaitement propres dès le plus jeune âge... et elles peuvent être considérées comme « améliorantes » par elles-mêmes (cas des légumineuses) ou du fait des soins qu'elles exigent. Les résidus de culture, pailles... peuvent servir de « mulching » et, de ce fait, limiter le développement ultérieur des adventices et les déperditions d'eau dans l'atmosphère (cf. II.5.2).

Mais par ailleurs, il est connu que de telles associations culturales limitent les risques d'érosion et peuvent, dans une certaine mesure, limiter le développement de populations parasites, et, naturellement se justifient en terme de minimisation des risques (Anonyme, 1981 a).

Inévitablement, il découle de ces types d'association des contraintes tout particulièrement sur le plan de la mécanisation et/ou dans le cas de déficit hydrique sur le plan de l'alimentation en eau, qui obligent à adapter les techniques, pouvant conduire à la mise en œuvre de nouveaux systèmes de culture.

II. 2. — CHOIX DU SITE — AMÉNAGEMENT DU TERRAIN

II.2.1. — CHOIX DU SITE

Dans les parties : La Plante et le Climat I.4.1.1 ; La Plante et le Sol I.4.1.2, les exigences édaphiques et climatiques de l'ananas ont été précisées... Le choix du site d'implantation doit dépendre d'un certain nombre de *facteurs liés au milieu physique* tels que ressources en eau, possibilités de drainage, risque de gel (dans certaines zones de culture plus ou moins marginales), topographie des lieux. D'autres facteurs à considérer sont essentiellement *d'ordre économique et social* :

- distance des points de vente (marchés locaux, usines de transformation) ou des ports d'embarquement (ports ou aéroports) dans le cas d'exportation en frais ;

- importance et qualité des infrastructures routières, portuaires ;

- disponibilités en main-d'œuvre, sa qualification, son coût... dont dépendra dans une large mesure, *le niveau de mécanisation* (lié par ailleurs aux contraintes physiques évoquées plus haut).

D'autres relèvent du *domaine législatif et de la politique financière* (statut foncier, facilités de prêts, avantages fiscaux...).

De la sauvegarde des sols

Une des premières préoccupations quand on a à aménager un nouveau terrain est de sauvegarder *le capital sol*. La croissance de la plante étant relativement lente, le terrain est très exposé, principalement pendant les premiers mois de végétation, à toutes les formes d'agressivité du climat et en premier lieu à *l'érosion* (photo 110). Les risques varient d'un sol à l'autre suivant leurs caractéristiques propres et dépendent en premier lieu de l'intensité des précipitations comme de la fréquence de celles-ci. D'une façon générale on considère qu'ils sont particulièrement élevés dès que la pente du terrain dépasse 2 à 3 %. La charge solide entraînée par unité de volume

ruisselée (turbidité) et l'érosion proprement dite augmentent en effet plus rapidement que l'inclinaison du terrain (ROOSE ; ASSELINE et al., 1978).

Sur des pentes dépassant 5 % des mesures anti-érosives efficaces sont souvent difficiles à mettre en œuvre, elles sont de toute façon très onéreuses. Il est préférable quand cela est possible de renoncer à les cultiver en ananas pour les consacrer à des cultures arbustives avec plante de couverture très « couvrantes » ce qui peut conduire dans l'aménagement d'un site à créer au milieu d'une plantation d'ananas des enclaves arbustives (photo 109).

Le défrichage par abattage des arbres et brûlage sur place tel qu'il est largement pratiqué dans le cas des petites plantations villageoises présente l'inconvénient de détruire une partie importante de la matière organique de la couche superficielle du sol, mais permet un enrichissement minéral grâce aux cendres, et, la présence du lakis de racines et de bases de troncs limite considérablement les risques d'érosion.

Ceux-ci sont également très limités quand on aménage de petites parcelles allongées dans le sens perpendiculaire à la ligne de plus grande pente entre d'autres parcelles consacrées à la culture d'autres plantes à cycles différents.

Dans le cas de grandes plantations pour lesquelles le *défrichage* consiste en l'arrachage et l'enlèvement sur de grandes surfaces à l'aide d'engins mécaniques, d'arbres et d'arbustes, le sol est très exposé à l'érosion. Il est alors vivement recommandé :

— d'une part, de faire appel à des engins disposant de griffes frontales de façon à perturber le moins possible les horizons en place et de ne pas déplacer les couches superficielles de terre, à moins qu'un nivellement soit indispensable ; dans ce cas, on cherchera dans la mesure du possible à reconstituer les horizons en plaçant au fond des dépressions à combler la terre venant d'horizons inférieurs... ce qui complique inévitablement les mouvements de terre ;

— d'autre part, de disposer la végétation à détruire en andins placés, dans la mesure du possible, en courbes de niveau en fonction de l'aménagement des futures parcelles. Les andins sont ensuite le plus souvent brûlés pour des raisons de commodité et on a intérêt à les planter en plantes à croissance rapide pour bien fixer le sol : bananier, papayer. — Ultérieurement, on cherchera à distribuer les cendres sur l'ensemble du terrain à moins de fixer définitivement les andins par des cultures arbustives.

II.2.2. — ORGANISATION PARCELLAIRE DE LA PLANTATION EN FONCTION DES PRINCIPALES CONTRAINTES

On doit tenir compte :

- des *mesures anti-érosives* qui seront éventuellement à prendre, comprenant ou non la création d'un réseau de drains. Dans ce dernier cas, son tracé doit primer toute autre considération dans l'organisation de la plantation (COEY et GLENNIE, 1979),

- de la *nécessité de créer un réseau de routes d'exploitation* qui dépendra, essentiellement, d'une part des mesures anti-érosives éventuelles que l'on aura été amené à prendre, d'autre part des équipements agricoles dont on se propose de doter la plantation pour assurer son entretien et faciliter la récolte (photo 109),

- éventuellement, de la *nécessité d'implanter un réseau d'irrigation*.

Contraintes liées à la lutte contre les différentes formes d'érosion et au drainage (photo 110).

Quand le terrain est peu accidenté et les sols suffisamment perméables pour absorber les précipitations, on se contente habituellement de planter perpendiculairement à la ligne de plus grande pente ou mieux en courbe de niveau stricte, en « cloisonnant » éventuellement le terrain si besoin est (PY et TISSEAU M. A., 1965). Sur sol argileux, par contre, on est souvent contraint, en particulier pour éviter des pourritures à base de *Phytophthora*, de planter en donnant une certaine pente aux rangées, qui doivent, par ailleurs, être surélevées pour former un billon ; l'eau collectée entre ceux-ci doit être reprise ensuite par des drains (JAMLESON, 1975 ; COEY et GLENNIE, 1979), ce qui confère au réseau qui les dessert une importance toute particulière.

Entre ces deux extrêmes existe un très grand nombre de cas ; chaque terrain est, en fait, un cas particulier : la nature des drains, leur tracé, la densité du maillage... doivent dépendre de la topographie du site, de la nature du terrain, des possibilités d'évacuation des eaux de ruissellement...

Dans les cas les plus favorables, on peut se contenter de drains très évasés, à pente faible et croissante (0,2 à 0,5‰ par exemple) (pour ne pas gêner le passage d'engins agricoles). Ils serpentent alors dans des parcelles plantées en courbes de niveau ou non jusqu'à des zones où l'eau collectée ne risque pas d'entraîner des dommages en aval (ruisseau, ravine boisée...).

Une autre solution peut consister en la création d'un réseau de

drainage en bordure du réseau routier ce qui implique que ce dernier ait été tracé avec une pente faible et régulière. S'il n'en est pas ainsi, il peut y avoir des accumulations d'eau, point de départ de « saignées d'érosion » (ROOSE et VALENTIN, 1979).

Là où les risques d'érosion sont élevés, on préfère souvent aménager des drains à l'emplacement des voies naturelles d'écoulement... donc dans le sens de la plus grande pente ; il est alors indispensable de les stabiliser, soit en implantant une plante de couverture vigoureuse, à croissance rapide et à enracinement développé, qui fixe le sol (ROOSE et VALENTIN, 1979), à condition d'être capable de contrôler son développement pour qu'elle ne devienne pas une adventice dans la plantation, soit en faisant appel à différents types de matériaux : bitume, ciment... à moins d'aménager de véritables rigoles « en dur » (JAMLESON, 1975 ; COEY et GLENNIE, 1979), ou encore un réseau fixe souterrain.

D'autres mesures sont susceptibles de limiter les risques d'érosion : travail du sol en profondeur pour favoriser la pénétration de l'eau, plantation des bassins versants les plus exposés, suffisamment de temps avant les périodes les plus pluvieuses, plantation en bandes alternées appartenant à des cycles différents... ou tout au moins décalées les unes par rapport aux autres quant aux dates de mise en terre des rejets.

Contraintes liées à la mécanisation

La culture intensive exige des apports importants en engrais et pesticides, à moins que ceux-ci soient apportés par le réseau d'irrigation (que l'irrigation soit du type « aspersion » ou du type « localisée ») ou totalement sous forme solide, on fait habituellement très largement appel dans les plantations les plus avancées techniquement à des appareils de pulvérisation à grand débit (cf. I. 4.2.2.2). Ils peuvent se classer en trois types :

— appareils de pulvérisation se déplaçant sur route d'exploitation, reliés à une rampe portée à main d'homme par un tuyau souple (photo 134). Ce type d'appareil peut être utilisé quel que soit le « découpage » des parcelles ; il n'est habituellement utilisé que là où la topographie des lieux ne permet pas de faire appel aux autres types d'appareils plus économes en main-d'œuvre ;

— appareils de pulvérisation automoteurs enjambeurs : de tels appareils, d'une capacité pouvant atteindre 1 400 litres et « couvrant » habituellement 7 rangées d'ananas, sont utilisables sur pente relativement faible quelle que soit la forme de la parcelle (photos 137, 140, 141). La présence de drains en limite souvent l'emploi ; ils présentent par ailleurs l'inconvénient de tasser fortement le sol des interrangées avec toutes les conséquences que cela comporte. Ils sont largement

utilisés en Côte-d'Ivoire dans les exploitations de 50 à 100 ha (on compte en moyenne 2 heures pour appliquer 3 à 5.000 l/ha) ;

— appareils de pulvérisation à rampes latérales, se déplaçant sur routes d'exploitation (photos 135, 138, 139) ; la distance entre celles-ci doit être le plus souvent possible égale à 2 fois la longueur de la rampe, ce qui implique l'aménagement de longues bandes de terrain séparées de routes d'exploitation (photo 109). Si une large gamme d'appareils à rampes courtes sont proposés par les fabricants de matériel agricole, il faut le plus souvent faire faire spécialement les appareils à rampe dépassant une dizaine de mètres. De tels appareils, munis d'une rampe latérale de 15 à 20 mètres, sont capables d'appliquer 5 à 6 000 litres de solution/ha en moins d'une quinzaine de minutes ; munis de deux rampes, leur rendement est accru d'autant. Ces appareils sont largement utilisés dans les plantations les plus avancées techniquement dépassant une centaine d'hectares.

II. 3. — DISPOSITIF DE PLANTATION — DENSITÉ

Le terrain étant aménagé il y a lieu de considérer le mode de plantation et la densité suivant lesquels le matériel végétal sera implanté.

II. 3.1. — CHOIX DU DISPOSITIF DE PLANTATION

Pour faciliter les soins d'entretien et la récolte des fruits, qu'ils se fassent entièrement manuellement ou en partie mécaniquement, on plante le plus souvent en lignes à écartements réguliers sur la ligne. Si dans certains pays on continue à préférer la plantation en ligne simple (photos 105 et 108) (Brésil...) on cherche en général à regrouper plusieurs lignes côte à côte pour former ce que l'on appelle une « rangée » souvent surélevée pour former un « billon » (« bed »). L'espace entre les « rangées » ou « billons » qu'empruntent les ouvriers et les roues des engins mécaniques se dénomme « chemins » ou « interrangées ». La plantation en rangée composée de deux lignes jumelées est la plus répandue (photo 112) : elle seule permet pour des densités élevées d'assurer un espace identique à chacun des plants, ce qui se traduit par une meilleure homogénéité à la récolte. Les plantations en rangées à trois lignes sont également fréquentes (photo 113), essentiellement dans le cas de l'emploi d'un film de polyéthylène ; sa présence simplifie le désherbage qu'une plantation à trois lignes tend à rendre plus difficile. Des rangées à quatre lignes ou plus sont exceptionnelles.

Dans le cas de rangées à trois lignes ou plus, l'entretien manuel et la récolte des fruits des plants de la ou des lignes « intérieures » sont inévitablement plus difficiles à réaliser. Comme ces plants subissent une concurrence accrue par rapport à ceux des lignes « extérieures » leur croissance est le plus souvent moins rapide ce qui se traduit aux densités élevées par des poids moyens plus faibles et une production moindre de rejets (PY et BARBIER, 1964 ; LACOEUILHE, 1974 b). L'hétérogénéité de la plantation s'en trouve accrue et par voie de conséquence, la récolte.

II. 3.2. — CHOIX DE LA DENSITÉ DE PLANTATION — EFFETS DE CONCURRENCE

Dans la recherche de l'utilisation optimale des potentialités de la plante à des fins économiques données le choix de la densité de plantation est important.

La densité ayant une incidence directe sur le poids moyen des fruits (comme on le verra ci-après) le choix devra dépendre en premier lieu de *l'objectif économique* recherché, mais également du *matériel génétique* utilisé et de certains « maillons » de *l'itinéraire technique* que l'on se propose de suivre.

— Facteur variétal

Avec des cultivars à longues feuilles tels que ceux appartenant au groupe « Spanish » (longueur maximale de feuilles adultes : ± 120 cm) on ne peut adopter des densités aussi élevées qu'avec les cultivars du groupe « Cayenne » aux feuilles plus courtes (longueur maximale habituelle : ± 100 cm) et *a fortiori* avec les cultivars du groupe « Queen » aux feuilles beaucoup plus courtes et qui de ce fait peuvent s'accommoder de densités supérieures à 100 000 plants/ha, du moins quand on se contente d'une seule récolte (DALLDORF, 1978 a).

— Longueur du cycle

Étant donné que l'encombrement de la plante croît avec l'âge, il en va de même de la concurrence entre plants. Il est évident, en conséquence, que l'on peut adopter des densités d'autant plus élevées que les cycles que l'on impose à la plante sont courts. Mais par ailleurs du fait de la concurrence, les cycles tendent à s'allonger pour l'obtention d'un même objectif de poids de fruits... Dans la recherche d'une utilisation optimale des potentialités du milieu, il existe des optima variables d'un cultivar à l'autre comme d'un site à l'autre.

— Recherche ou non d'une deuxième récolte (voire de récoltes ultérieures).

Dans le cas où on recherche une ou des récoltes ultérieures les densités doivent être plus faibles que dans le cas où on se contente d'une seule récolte : la plante émettant en moyenne plus d'un cayeux (porteur de futurs fruits) par plant, la densité en 2^e récolte s'en

trouve habituellement fortement accrue donc il y a « effets de concurrence ». La production de cayeux étant une caractéristique variétale (quoique très influencée par la nutrition de l'environnement) on aura intérêt à adopter une densité de plantation d'autant plus faible que la potentialité du cultivar utilisé à produire des cayeux est plus élevée.

Plus la densité est élevée plus il est indispensable d'améliorer le *calibrage des rejets* sinon l'hétérogénéité aura tendance à s'aggraver avec le développement végétatif des plants par suite d'une concurrence plus précoce et plus marquée entre ceux-ci.

LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE LA CONCURRENCE

La *concurrence* entre plants porte surtout sur les 3 éléments de base considérés comme les plus essentiels à leur croissance : *eau*, *éléments minéraux* et *lumière*. Il est essentiel d'en connaître toutes les conséquences sur le plan pratique.

S'il est relativement aisé de limiter les effets de la concurrence par des apports compensatoires dans le cas de l'eau et des éléments fertilisants, on est impuissant dans la pratique en ce qui concerne les radiations reçues qui constituent en fait le principal facteur limitant à des accroissements de densité.

Pour une densité donnée le maximum de radiations reçues par plant est atteint plus ou moins rapidement. C'est la connaissance du temps nécessaire pour accéder à ce stade qui devrait contribuer au choix d'une densité comme d'une longueur de cycle. COMBRES (1982) a constaté en Côte-d'Ivoire qu'en partant de cayeux bien développés comme matériel végétal de plantation, le maximum de radiations reçues a été obtenu au bout de 3 à 5 mois (correspondant à des indices foliaires de 1 à 3).

Du fait du comportement stomatique de l'ananas, la *concurrence pour l'eau* ne joue pas comme pour la plupart des plantes (cf. Métabolisme carboné I. 3.2). En l'absence de film de poly l'ETM diminue en effet avec l'augmentation du couvert à la suite de la réduction de l'évaporation du sol (du moins tant que celui-ci n'atteint pas sa surface de projection maximale).

La *concurrence pour les éléments nutritifs* peut être aisément atténuée par des apports supplémentaires d'éléments par pied. Il est symptomatique que la réponse à des apports croissants d'azote est d'autant plus marquée que la densité est élevée (RODRIGUEZ, KOLLER et de MUNDSTOK, 1981). Un autre type de « compensation » peut être obtenu en faisant appel à des substances de croissance qui retardant la maturation des fruits leur permettent d'acquérir un poids moyen plus élevé (DODSON, 1968).

Effets de concurrence

Les effets d'accroissement de densité sur les composantes quantitatives et qualitatives du rendement peuvent se résumer comme suit.

D'une façon générale le *rendement/ha* croît avec la densité. C'est d'ailleurs là le principal objectif recherché avec une diminution du poids moyen des fruits... jusqu'au moment où la concurrence entre plants devenant trop vive le *rendement/ha* tend progressivement à plafonner. Le palier est d'autant plus haut que l'on a déployé plus d'efforts pour limiter les effets de la concurrence.

— Développement foliaire

Quand la densité s'élève le nombre de feuilles émises diminue (NORMAN, 1977), elles tendent à s'allonger (ce qui entraîne un accroissement de la hauteur de la plante) et à devenir plus étroites (WEE, 1969 ; HUANG, 1970) ce qui peut aboutir à une augmentation de l'indice foliaire (LACOEUILHE, 1975). Le système racinaire par contre ne serait pas affecté (SEMANAYAKE et FERNANDO, 1977).

— Poids moyen et forme des fruits

A partir d'un certain seuil devant correspondre à un début de concurrence le poids moyen des fruits diminue avec des densités croissantes (DASS *et al.*, 1978). Dans le cas du cultivar Cayenne Lisse la baisse de poids va en moyenne de 70 à 140 g par 10 000 plants supplémentaires/ha tant que l'on n'atteint pas des densités très élevées. Elle se reflète le plus souvent sur le diamètre des fruits (TRETÓ, GONZALES et GOMEZ, 1974) mais peut également intéresser sa longueur (NORMAN, 1978). Si le nombre d'yeux n'est pas modifié leur poids individuel est sensiblement réduit quand la densité augmente (PINON, 1981 a).

— Qualité du fruit

Une augmentation de densité ne modifie pas significativement la teneur en extrait sec mais accroît par contre l'acidité (GONZALES TEJERA, 1969 ; PY, GIACOMELLI et LOSSOIS, 1973 ; PINON, 1981). La transparence de la chair décroît et parallèlement les fruits sont moins denses en relation probablement avec l'éclairement (PINON, 1981). Le pédoncule fructifère tend à s'allonger et son diamètre à s'amenuiser rendant le fruit plus sensible à la verse, mais du fait de l'allongement des feuilles, les fruits qui n'ont pas versé sont moins exposés aux coups de soleil (DODSON, 1968). Certains types d'anomalies d'ordre physiologique tels que la fasciation ou d'ordre génétique tels que la mutation « collar of slips » s'expriment moins fréquemment et de

façon plus atténuée avec les hautes densités (NORMAN, 1977 ; GONZALES TEJERA, 1969). La maturation des fruits est habituellement retardée.

— *Production de rejets*

Elle est très affectée par un accroissement de densité.

Dans toutes les expérimentations on constate parallèlement à un accroissement de densité une baisse rapide de la production de bulbilles et d'un façon plus lente et plus tardive une baisse de la production de cayeux par plant (TRETTO, GONZALES et GOMEZ, 1974 ; LACOEUILHE, 1974) mais la quantité totale/ha de l'un et l'autre type de rejets continue à croître légèrement avec la densité tant que la concurrence entre plants n'est pas trop vive. A partir d'un certain seuil le nombre de rejets par plant peut tomber en dessous de 1 rendant problématiques les replantations, principalement quand on se propose d'obtenir une 2^e récolte sur pied.

On trouvera sur le tableau 39 un ensemble de densités couramment utilisées avec Cayenne Lisse selon différents types de dispositifs.

TABLEAU 39

**Densités les plus couramment usitées avec Cayenne Lisse —
Distance entre rangées : 90 cm plus rarement 80 cm**

Nombre de lignes/rangée	Distance entre plants d'une même ligne (cm)	Distance entre lignes (cm)	Nombre de plants/ha
2	30	60	44 400
2	30	45	49 300
2	30	40	51 300
2	30	30	55 500
2	25	40	61 000
2	20	40	77 000
3	30	40	58 700
3	30	30	66 600
4	40	30	74 000



II. 4. — PLANIFICATION DE L'EXPLOITATION — DATES DE PLANTATION

L'exploitation est une unité organisée pour assurer une production selon des objectifs et des contraintes qui lui sont propres. L'ensemble des décisions qui influencent son fonctionnement repose sur des choix tactiques et stratégiques, prenant en compte des critères qui ne sont pas seulement techniques et économiques.

Cependant, dans le cas de l'ananas, un élément technique comme la *maîtrise de la floraison* joue un rôle central, en apportant la possibilité de planifier la production d'une manière plus complète par rapport aux autres cultures. Il en résulte une démarche particulière pour conduire les exploitations à partir du contrôle de la production (date de récolte, rendement quantitatif et qualitatif).

II. 4.1. — CALENDRIER DE PRODUCTION

Plusieurs critères sont susceptibles d'orienter le choix des périodes de production :

— Le prix des fruits varie le plus souvent dans le cas de la consommation en frais, soit sur le marché local, soit à l'exportation. Aux périodes correspondant au cycle naturel, le marché est encombré ; on a tout intérêt à récolter les fruits lorsque l'offre est faible et/ou la demande élevée (cf. IV. 5). La concurrence des autres fruits et les habitudes des consommateurs exercent une influence variable, mais toujours importante. Il peut en être de même pour la transformation, si les usines veulent étaler la production pour utiliser en permanence leur capacité maximum de traitement. Sauf autres possibilités d'écoulement des fruits, il est entendu que les récoltes doivent être réalisées pendant l'ouverture des usines. De ce point de vue, l'orientation de la production peut avoir un caractère spéculatif plus ou moins accentué.

— La qualité des fruits subit des variations saisonnières (cf. I. 4.1.4.) qui sont importantes pour gagner ou conserver des mar-

chés. Sans aller jusqu'aux cas extrêmes de risques de gel ou de « brunissement interne » sur pied, les qualités gustatives (sucre, acides), l'aspect du fruit (coloration extérieure, caractéristiques de la chair) et la tenue du fruit (capacité au transport, à la conservation ou au tranchage), sont des facteurs importants à considérer. D'autre part, certains parasites comme *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. (cf. I.4.2.1.3.1) et *Thecla basilides* (cf. I.4.2.3.3) ont une incidence saisonnière, ce qui peut conduire à limiter la production aux époques concernées.

— Le poids du fruit subit l'influence des conditions climatiques qui s'exercent pendant la croissance du fruit. Des températures basses diminuent le poids des « yeux » qui peuvent rester plus proéminents. L'aspect du fruit et ses qualités gustatives peuvent également être modifiés (cf. I.4.1.4). Les fruits sont petits par rapport à la taille et à la vitesse de croissance de la plante au moment de l'induction florale. Des conditions défavorables pendant les croissances actives à la fois du plant avant l'induction florale et du fruit avant la récolte sont les plus graves. Elles sont assez rares, mais peuvent cependant se rencontrer au gré de convergences climatiques diverses agissant directement sur le métabolisme de la plante ou indirectement sur l'incidence du parasitisme par exemple.

— L'importance du cycle naturel peut influencer le calendrier de production. Les risques de floraisons naturelles sont d'autant plus grands que le poids moyen désiré pour les fruits est élevé. Tant qu'il ne sera pas possible de prévenir efficacement les différenciations non désirées, il sera difficile d'obtenir des gros fruits en une récolte groupée pendant les mois qui suivent les récoltes correspondant au cycle naturel. Les résultats obtenus récemment sur broméliacées ornementales (MEKERS *et al.*, 1982) permettent cependant d'espérer y parvenir.

— La disponibilité en main-d'œuvre : le travail de récolte est toujours le poste qui demande la main-d'œuvre la plus abondante. Sauf possibilité d'embauche d'une main-d'œuvre saisonnière supplémentaire, l'importance des récoltes peut être limitée par ce seul aspect.

— D'autres facteurs peuvent se révéler importants à l'usage, car susceptibles de perturber la sortie des fruits : état des pistes, importance et entretien du matériel roulant, ...

II.4.2. — CALENDRIER DES INDUCTIONS FLORALES

Le calendrier de production ainsi établi en fonction de ces données, on en déduit le programme des traitements d'induction florale, à condition de connaître l'intervalle de temps entre l'induction et la

récolte avec ses variations saisonnières. Les conditions climatiques sont la principale cause de ces variations et les grandes lignes de l'évolution de cet intervalle de temps sont relativement aisées à prévoir.

La reproductibilité d'année en année est, bien entendu, nécessaire à la réalisation effective du calendrier de production. Cette condition n'est malheureusement pas toujours satisfaite et peut être à l'origine d'encombrements très malencontreux, à l'occasion de décalages de quelques jours seulement. Toute planification a ses revers lorsqu'elle est trop stricte et ne prévoit pas une souplesse suffisante.

Les conséquences de variations faibles sont habituellement une modification du point de coupe dans un sens ou l'autre, avec des conséquences inéluctables sur la qualité des fruits (« jaune », « taches noires », « brunissement interne » (cf. I. 4.1.4), durée de stockage, rendement en tranches, qualité des tranches (cf. III. 1.2.3.6)). Le plus souvent, ces problèmes qui peuvent être partiellement résolus sur les exploitations sont aggravés à toutes les situations de l'aval par l'encombrement du port d'exportation, du marché, de l'organisation coopérative ou de la conserverie.

Il est possible de limiter très partiellement de tels ennuis par l'emploi de produits comme l'éthéphon, qui accélèrent et homogénéisent la coloration des fruits (cf. II. 11.2.2.). Son emploi peut cependant se révéler désastreux sur la qualité, lorsque l'utilisation s'écarte des conditions normales pour tenter de masquer des erreurs plus ou moins grossières dans la conduite de l'exploitation ou pour contrecarrer d'une façon trop marquée les effets du climat. L'utilisation de l'éthéphon doit se concevoir uniquement comme correctif de variations non prévues. Modifiant la date de récolte, il doit être employé sur une période suffisamment longue pour que le calendrier de production puisse être respecté. Sans corriger obligatoirement ces variations fâcheuses, il pourrait être intéressant de les prévoir suffisamment tôt et prendre en temps utile certaines dispositions permettant d'y remédier. Cette prévision est actuellement assez empirique. La prise en compte de tous les facteurs en jeu et la compréhension des variations observées n'ont pas la précision nécessaire pour l'élaboration d'un schéma prévisionnel strict. Pour l'instant, c'est donc l'expérience acquise au fil des ans qui est surtout utilisée ; mais une part importante d'aléatoire subsiste.

II.4.3. — LONGUEUR DU CYCLE

La planification des traitements d'induction florale étant établie à partir du calendrier de production, il convient de disposer au moment voulu de plants capables d'assurer les objectifs recherchés.

C'est donc la question de la longueur du cycle qui se pose. Les différents facteurs à considérer sont les suivants :

— Le poids moyen des fruits intervient en premier lieu. Il dépend du développement et de la vitesse de croissance des plants au moment de l'induction florale, déterminisme du nombre d'yeux et du poids des fruits (cf. I. 3.4.3). Bien que le mode de rémunération des fruits ne le traduise pas toujours, c'est un poids moyen correspondant aux normes du marché ou de la transformation qui est recherché, plutôt que le niveau d'un rendement global. On voit immédiatement l'importance de l'homogénéité des plants à l'intérieur des parcelles avec les conséquences que cela implique au niveau des techniques culturales. La recherche de poids moyens élevés implique les cycles les plus longs. Les risques d'événements défavorables à un contrôle rigoureux des conditions de l'élaboration du rendement sont accrus et conduisent à une augmentation de l'hétérogénéité.

— La nature et le poids des rejets mis en terre. On a vu dans la première partie (I. 3.1.4) leur potentialité de croissance et on verra au chapitre II. 6 les avantages et inconvénients de chacun d'eux. Ces deux facteurs sont des éléments importants dans la conduite des exploitations. Ils conditionnent non seulement la longueur du cycle, mais aussi l'homogénéité de la récolte.

— Homogénéité du poids des fruits par leurs sensibilités respectives aux différents parasitismes et concurrences, leurs adaptations aux conditions édaphiques et climatiques, leurs compatibilités avec l'organisation des chantiers.

— Homogénéité surtout sur l'étalement dans le temps de la récolte par la sensibilité aux facteurs naturels de différenciation florale. La connaissance du cycle naturel dans le site considéré est un préalable indispensable à la conduite raisonnée de l'exploitation (Py *et al.*, 1959 b-1968 a-1970-1973). La maîtrise du cycle et des opérations culturales est incompatible avec des floraisons non contrôlées nombreuses.

— Les conditions qui déterminent la vitesse de croissance de la plante. Il s'agit essentiellement du couple climat-technique culturales. Chacun de ces éléments a son incidence directe qui est plus ou moins bien connue ; mais c'est bien souvent l'action du climat sur l'efficacité des techniques culturales (préparation du sol, lutte contre le parasitisme, fumure) qui apporte la part aléatoire contrecarrant la planification.

II. 4.4. — CALENDRIER DES PLANTATIONS

Suivant ce schéma remontant de l'aval vers l'amont, la longueur du cycle conduit à la date de plantation qui doit être de plus choisie en fonction des critères suivants :



PHOTO 112. — Plantation sur 2 lignes jumelées à Hawaï.

PHOTO 113. — Plantation en 3 lignes par rangée en Côte-d'Ivoire.

(Cliché Guyot).



PHOTO 114. — Plantation en courbe de niveau en Martinique.

PHOTO 115. — Destruction d'une vieille plantation au rotobroyeur en Côte-d'Ivoire.
(Cliché Guyot).



PHOTO 116. — Retournement-enfouissement après passage du rotobroyeur.
(Cliché Guyot).



PHOTO 117. — Marquage manuel de l'emplacement des rejets sur la rangée à l'aide d'un cadre, en Côte-d'Ivoire.
(Cliché Guyot).



PHOTO 118. — « Mulching machine » à Hawaï préparant 3 rangées d'ananas.
(Cliché Teisson).





PHOTO 119. — Billonneuse applicateur de
nématocide - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Sarah).

PHOTO 120. — « Parage » des cayeux en
Côte-d'Ivoire.
(Cliché Py).



PHOTO 121. — Désinfection de cayeux par immersion dans une
préparation insecticide et/ou fongicide - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Py).



PHOTO 122. — Mise en terre du rejet -
Martinique.
(Cliché Py).





PHOTO 123. — Chantier de plantation de couronne en Martinique.
(Cliché Py).

PHOTO 124. — Binage des interrangées à l'aide d'un tracteur enjambeur - Martinique.
(Cliché Py).



PHOTO 125. — Machine à planter australienne (Queensland Agricultural Journal).



PHOTO 126. — De la nécessité du désherbage en culture d'ananas, faute de quoi l'envahissement de la parcelle est très rapide. Dans le cas présent, le désherbage est réalisé manuellement à l'aide de raclettes qui ne peuvent être utilisées efficacement que contre des adventices de quelques cm de haut, ce qui n'est pas le cas de la photo.
(Cliché Py).



— Les conditions dans lesquelles le sol peut être préparé. Le travail du sol est destiné à créer un état structural favorable au développement racinaire. Dans les conditions tropicales, c'est essentiellement la séquence pluies-sécheresse qui est importante. De plus, les risques d'érosion sont considérablement accrus lorsque le sol est meuble et nu.

— Les disponibilités en rejets de qualité doivent être rigoureusement planifiées, qu'il s'agisse des couronnes ou des cayeux. L'utilisation de rejets en mauvais état est souvent à l'origine d'une baisse de l'état moyen des plantations qui ne peut aller qu'en s'aggravant. Une courte jachère travaillée ou cultivée est préférable dans bien des cas à une précipitation néfaste. Les surfaces plantées doivent représenter une part suffisante des surfaces totales pour assurer la continuité du système de production sans rupture préjudiciable. Date de plantation, nature et poids des rejets, longueur du cycle végétatif déterminent l'importance et les risques de cycle « non contrôlé » (floraisons « non désirées naturelles »).

— Les conditions climatiques favorables à une reprise rapide et homogène doivent être recherchées. Les conditions favorables aux pourritures à base de *Phytophthora* spp. ou *Ceratocystis paradoxa* sont, en général, humides et fraîches. Elles ne permettent pas, par ailleurs, un démarrage rapide des plants.

— L'incidence des conditions climatiques sur l'efficacité des traitements réalisés au moment de la plantation (nématicides, insecticides, herbicides) doit être également prise en compte. Une mauvaise réussite ne pourra être corrigée ultérieurement qu'avec des difficultés accrues et à un coût plus élevé.

— Les besoins en main-d'œuvre sont importants pour toutes les opérations qui concernent les plantations. L'organisation des chantiers est un facteur essentiel d'efficacité. Un calendrier d'utilisation de la main-d'œuvre est fort utile, notamment pour la répartition entre les mises en terre des rejets et les récoltes qui sont les deux postes les plus demandeurs en main-d'œuvre.

— L'utilisation et l'entretien du matériel avec la main-d'œuvre qui y est liée. Dans les exploitations fortement mécanisées, cette question tient une place importante, parfois trop négligée au détriment de l'efficacité des interventions réalisées.

II.4.5. — LE « PILOTAGE PAR L'AVAL » ET SES IMPLICATIONS

Le contrôle de la floraison fait que la conduite la plus rationnelle des plantations d'ananas consiste à planifier d'abord les récoltes, puis

à remonter ensuite jusqu'à la mise en terre des rejets et même à la préparation du sol. On peut la qualifier de « pilotage par l'aval ».

Sa réalisation (exécution du calendrier, pourcentage de fruits commercialisables) implique un contrôle rigoureux de tous les facteurs intervenant dans l'élaboration de la production. L'exploitant agricole doit être capable de prévoir tous les risques de diminution de la croissance et du rendement. Il doit pouvoir corriger tout facteur *avant* qu'il ait un effet défavorable. Il peut en résulter une consommation excessive d'intrants si les interventions ne sont pas faites à bon escient, c'est-à-dire :

- en choisissant les conditions permettant d'obtenir une efficacité optimale ;

- en prenant en considération toutes les implications concernées à moyen terme comme à court terme.

Pour être optimisées, les diverses interventions doivent être complémentaires et cohérentes. Cela suppose qu'elles soient intégrées dans un schéma de production s'appuyant sur une connaissance approfondie de l'agrosystème. La valeur du modèle utilisé repose sur ses capacités prévisionnelles.

Cependant, il suffit que la prévision soit déjouée sur un point pour que l'incidence n'en soit pas seulement ponctuelle, mais affecte tout le système de production. Les chances de réussite doivent être évaluées objectivement pour que des stratégies de recours puissent être prévues. La planification, *a priori* rigoureuse, doit cependant conserver une certaine souplesse pour permettre une modulation des interventions. Quelle que soit la valeur du modèle utilisé, la réussite pratique dépend, *in fine*, de la compétence technique de l'exploitant et de son aptitude à émettre un diagnostic cultural suffisamment tôt afin de mettre en œuvre les actions capables de maîtriser un réseau d'interactions multiples.

La réussite de ce type de conduite a été amplement démontrée en monoculture répétitive dans des conditions économiques, sociales et politiques particulières. L'adaptation à d'autres situations plus extensives n'est pas simple. Elle n'est pas toujours couronnée de succès, car elle implique souvent des apports techniques et matériels venant de l'extérieur. La reproductibilité du système est fragile. La maîtrise de la production se perd bien souvent dès que les structures d'encadrement se relâchent. En fait, celle-ci est surtout indispensable pour une production destinée à l'exportation et particulièrement quand il s'agit d'ananas frais.

L'approvisionnement des marchés locaux, qui absorbent une partie très importante de la production mondiale, nécessite moins de rigueur. Dans ces conditions, la possibilité d'induire la floraison reste un outil important pour assurer les bénéfices et la trésorerie des

exploitations. Lorsque la maîtrise des techniques est insuffisante, l'importance des fruits non commercialisables (poids hors normes, date de récolte non conforme à la demande) est élevée. Des filières particulières de transformation (jus, confiture,..) se révèlent alors utiles pour permettre une rentabilité suffisante et la pérennité de la culture, qui peut d'ailleurs passer par la valorisation d'autres produits que le fruit (cf. utilisation de la plante III.2, III.3, III.1.3). L'importance des surfaces consacrées à l'ananas au sein des exploitations ou d'une région productrice est un élément important à prendre en compte pour déterminer des besoins techniques en accord avec l'environnement des exploitations.

II.4.6. — EXEMPLES DE PLANIFICATION

L'organisation pratique de la programmation des interventions passe habituellement par l'établissement de calendrier référentiel du type de celui présenté sur la figure 63. Il permet, pour chaque parcelle, d'inscrire les interventions à effectuer hebdomadairement en cours de cycle. L'adjonction d'un signe particulier (O) en visualise par ailleurs la réalisation. La position du repère mobile donne ainsi à tout moment la situation, ce qui permet un suivi régulier de l'exploitation.

Un tel calendrier est établi en fonction des divers facteurs à considérer et tout particulièrement parmi ceux-ci :

- de la longueur de la phase végétative du cycle,
- de la longueur de la phase de fructification,
- du poids du rejet à la plantation.

Des « règles à calcul » adaptées permettent de combiner ces variables. La figure 64 en donne deux à titre d'exemple dans le cas de cayeux : une pour site à températures moyennes élevées permettant un cycle court, une seconde pour site à températures moyennes sensiblement plus basses exigeant des cycles plus longs.

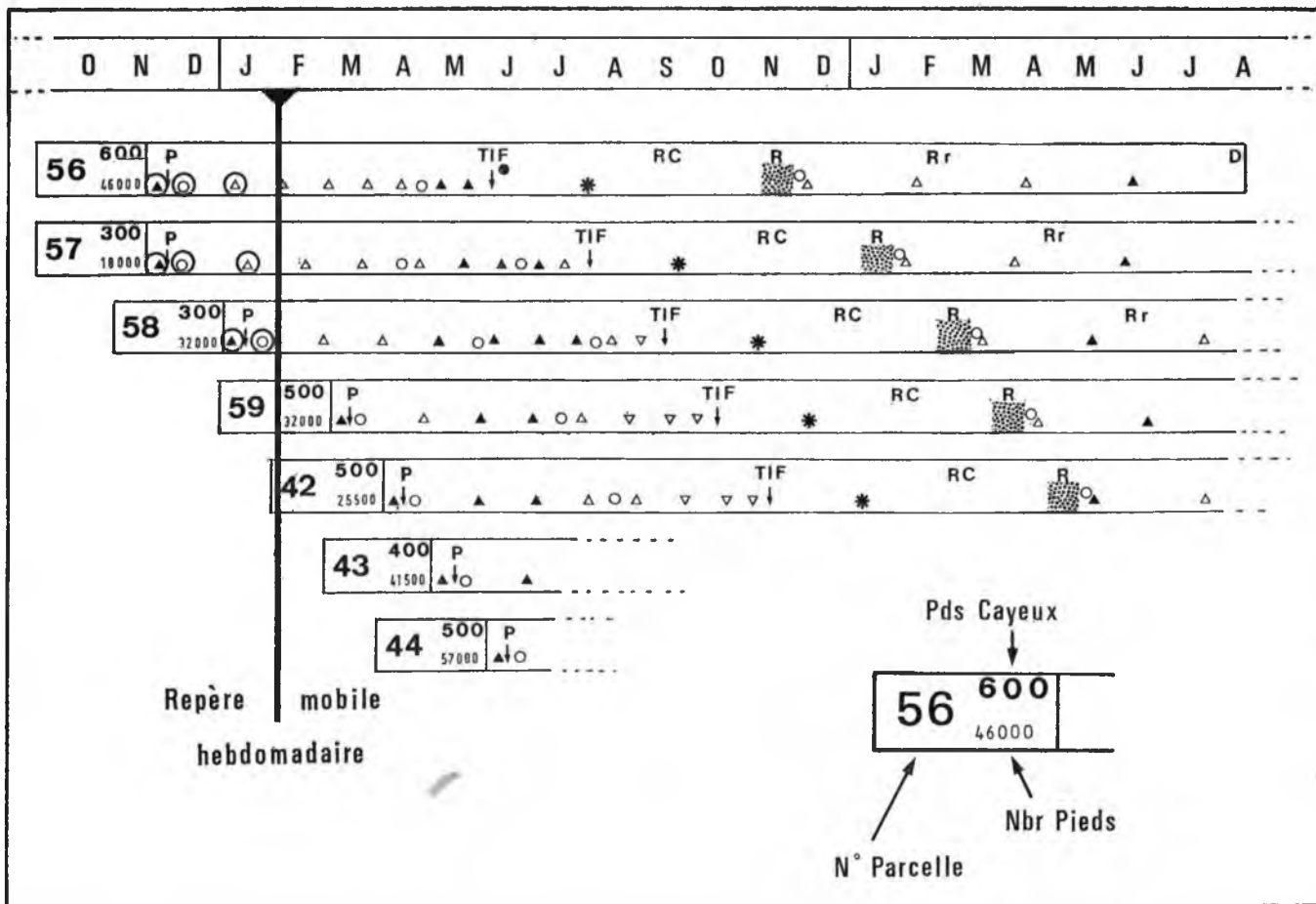
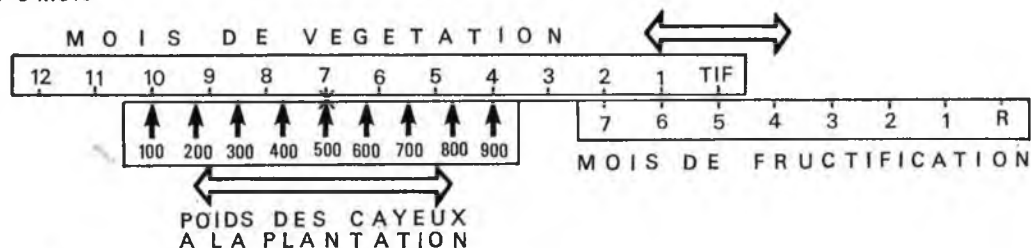


FIG. 63. — Calendrier référentiel pour la planification des interventions agronomiques. Exemple d'une plantation de moyenne importance en Côte-d'Ivoire avec récolte unique destinée à l'exportation en frais. Plantation de cayeux. Saison sèche de décembre à février. Grande saison des pluies d'avril à début juillet. **P** Plantation. **TIF** Traitement d'induction florale. **RC** Récolte des couronnes. **R** Récolte des fruits. **Rr** Début de la récolte des rejets. **D** Destruction de la parcelle. **Opérations programmées** : ▲ Engrais solide. ▼ Engrais solide avec chlorure. Δ Engrais en pulvérisation. ∇ Engrais en pulvérisation avec chlorure. ○ Herbicide. ● Fongicide dans le cas d'une induction florale au carbure en saison des pluies. * Comptage d'influences. *Opérations effectivement réalisées* : (circles with dots)

EXEMPLE DE CYCLE COURT (T_p : 26°C facteur eau non limitant)

PLANTATION DE CAYEUX DE 500 G

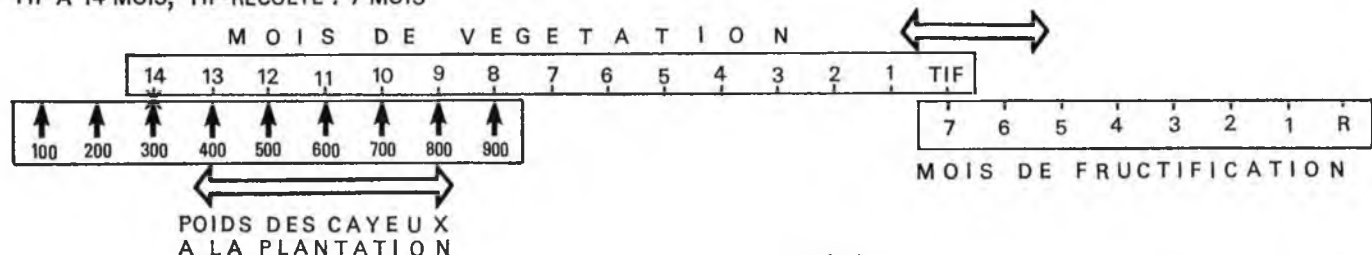
TIF A 7 MOIS, TIF-RECOLTE : 5 MOIS



EXEMPLE DE CYCLE LONG (T_p : 20°C facteur eau non limitant)

PLANTATION DE CAYEUX DE 300 G

TIF A 14 MOIS, TIF-RECOLTE : 7 MOIS



R = Récolte.

TIF = Traitement d'induction florale.

X = Liaison effective entre poids rejets et date plantation dans le cas des exemples donnés.

FIGURE 64. — « Règle à calcul » pour cycle ananas dans le cas de plantations de cayeux (dans les cas d'autres types de de rejets, des adaptations sont nécessaires).

VARIABLES :

- Longueur phase végétative (mois de végétation).
- Longueur phase fructification (mois qui séparent le traitement d'induction florale de la récolte).
- Poids du cayeux à la plantation.

Ne sont pas précisés les risques de différenciation « sauvage » qui s'accroissent avec la longueur du cycle.





PHOTO 112. — Plantation sur 2 lignes jumelées à Hawaï.

PHOTO 113. — Plantation en 3 lignes par rangée en Côte-d'Ivoire.

(Cliché Guyot).



PHOTO 114. — Plantation en courbe de niveau en Martinique.

PHOTO 115. — Destruction d'une vieille
plantation au rotobroyeur en Côte-
d'Ivoire. (Cliché Guyot).



PHOTO 116. — Retournement-enfouisse-
ment après passage du rotobroyeur. (Cliché Guyot).



PHOTO 117. — Marquage manuel de l'emplacement
des rejets sur la rangée à l'aide d'un cadre, en
Côte-d'Ivoire. (Cliché Guyot).



PHOTO 118. — « Mulching ma-
chine » à Hawaï préparant
3 rangées d'ananas. (Cliché Teisson).



PHOTO 119. — Billonneuse applicateur de
nématicide - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Sarah).

PHOTO 120. — * Parage * des cayeux en
Côte-d'Ivoire,
(Cliché Py).



PHOTO 121. — Désinfection de cayeux par immersion dans une
préparation insecticide et/ou fongicide - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Py).



PHOTO 122. — Mise en terre du rejet -
Martinique.
(Cliché Py).





PHOTO 123. — Chantier de plantation de couronne en Martinique.
(Cliché Py).

PHOTO 124. — Binage des interrangées à l'aide d'un tracteur enjambeur - Martinique.
(Cliché Py).



PHOTO 125. — Machine à planter australienne (Queensland Agricultural Journal).



PHOTO 126. — De la nécessité du désherbage en culture d'ananas, faute de quoi l'envahissement de la parcelle est très rapide. Dans le cas présent, le désherbage est réalisé manuellement à l'aide de raclettes qui ne peuvent être utilisées efficacement que contre des adventices de quelques cm de haut, ce qui n'est pas le cas de la photo.
(Cliché Py).



II. 5. — PRÉPARATION DU TERRAIN

On a évoqué dans le chapitre traitant de l'Aménagement du Terrain (cf. II. 2) les risques élevés d'érosion en culture intensive d'ananas sur de grandes surfaces, ce qui a conduit à toute une série de recommandations pour les éviter ou tout au moins les limiter. Mais par ailleurs, du fait des techniques culturales habituellement pratiquées, la *lixiviation* des éléments minéraux est particulièrement élevée et à plus long terme on risque en culture continue d'ananas une *évolution défavorable de la stabilité structurale* des sols liée à un appauvrissement en matière organique. L'ensemble de ces problèmes qui relèvent de la *fertilité* des sols sont traités en préambule au chapitre consacré à la Fertilisation (cf. II. 7). Il a semblé cependant nécessaire de les évoquer en introduction à la Préparation du Terrain pour rappeler la fragilité de ce milieu soumis aux « manipulations » de l'homme.

La qualité de la préparation du terrain revêt une importance toute particulière en culture d'ananas du fait des caractéristiques du système racinaire. Pour obtenir une bonne prospection du sol par les racines et un bon fonctionnement de celles-ci, il est indispensable :

— que le sol soit *très meuble* à la mise en terre du matériel végétal sur une profondeur d'au moins 35 à 40 cm et qu'il le reste le plus longtemps possible (toutes les tentatives de culture sans ameublissement préalable du sol ont conduit à un allongement du cycle, un accroissement de l'hétérogénéité, sans parler du développement éventuel de certaines maladies...);

— qu'il n'expose pas les racines à l'*asphyxie* ;

— que la matière organique issue de la décomposition des résidus de la précédente culture soit *bien décomposée* ;

— qu'il contienne à l'*état assimilable les premiers éléments* dont la plante a besoin ;

— que les *niveaux des inoculum* des principaux parasites à redouter soient aussi faibles que possible ;

— que le *terrain soit propre* et en particulier exempt des adventices difficiles à détruire par la suite.

II. 5.1. — AMEUBLISSEMENT DU SOL, DESTRUCTION DE RÉSIDUS DE LA PRÉCÉDENTE CULTURE

Trois points sont plus particulièrement à considérer dans le cas de l'ananas :

Les résidus de la précédente culture sont très importants : leur poids dépasse fréquemment 200 t/ha. Le tableau 40 en donne des compositions moyennes suivant différentes fertilisations d'après une expérimentation conduite en Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE, 1974 a).

Leur décomposition est indispensable pour éviter qu'ils ne servent d'hôtes à différents types de parasites (nématodes, cochenilles farineuses...), pour qu'ils puissent contribuer à sauvegarder la fertilité des sols et mettre à la disposition de la culture suivante une partie des éléments minéraux qui les composent.

TABLEAU 40

**Résidus de la précédente culture — Quantités de matière sèche
(et sa composition) restituées au sol (Essai EP 60 - 6^e cycle)**

Traitements comparés	Exporté		Restitué au sol					
	Fruits t/ha	Rejets t/ha	Matières sèches t/ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	Ca a Kg/ha	Mg O Kg/ha
Essais entrepris sur sol très sableux et très désaturés de Côte d'Ivoire								
Témoin (pas de fumure)	29,5	6,7	5,8	44	11	24	36	20
Fumure minérale seule	61,5	13,1	17,0	137	27	234	28	70
Fumure organique seule	60,5	14,4	11,4	87	66	136	76	38
Fumure organique + minérale	75,7	14,8	19,5	167	39	372	56	41

— Le système racinaire est très sensible *au tassement* du sol : dans un sol tassé l'élongation des racines est réduite, l'anatomie de la racine affectée, la masse de sol prospectée par les racines s'en trouve limitée (RAFAILLAC, de RICAUD et VERNÈDE, 1978 b ; RAFAILLAC et de RICAUD, 1982). Il est particulièrement à craindre quand on a affaire à des sols sableux (cf. I. 4.1.2). Il est indispensable que dans la suite des opérations entreprises pour la préparation du sol on ait toujours à l'esprit ce *souci d'éviter le plus possible des tassements* en réduisant les passages après labour.

— Le système racinaire est également très sensible à l'*asphyxie*. Un ennoyage en condition contrôlée a montré qu'il y avait arrêt de croissance et mort du méristème terminal ; si l'hypoxie se prolonge l'absorption des éléments, du potassium et du calcium principalement, s'en trouve réduite ayant pour conséquence un ralentissement de la croissance de la plante (RAFFAILLAC, 1982).

Avec le renchérissement de l'énergie est venue se surajouter une préoccupation supplémentaire : celle de *réduire au maximum la consommation d'énergie* pour la préparation des terres.

Une *bonne décomposition* des résidus de la précédente culture ne peut être obtenue que par un *fractionnement* « poussé » de cette masse végétale ; il est obtenu habituellement en faisant appel à des équipements classiques, rotobroyeurs à cuiller (photo 115)... ou, avec des résultats inférieurs mais moins onéreux, en utilisant des charrues de type rome-plow à disques crantés. Les très grandes plantations, dans ce domaine également, font souvent construire du matériel spécialement conçu à cette fin.

On cherche souvent à simplifier le problème en réduisant au préalable cette masse végétale en faisant pâture des bovins pendant un certain temps (ce qui présente cependant l'inconvénient de tasser le sol), en enlevant une partie de celle-ci en vue d'une consommation par du bétail (en frais, sous forme ensilée ou déshydratée - cf. Utilisations III.2.1), ou évidemment en y mettant le feu après application préalable éventuelle de défanants (ex. : paraquat) précédée ou non d'un passage de rome-plow. Cette dernière technique, qui a le mérite de permettre un bon assainissement parasitaire, diminue évidemment les restitutions et présente par ailleurs l'inconvénient d'exposer le terrain à l'érosion si on n'intervient pas rapidement (ROOSE, ASSELINE *et al.*, 1978). Il ne reste sur le terrain, si les conditions climatiques sont favorables, que des tiges partiellement calcinées qui sont plus faciles à détruire ou que l'on peut plus aisément enlever. En milieu villageois, on tourne souvent la difficulté en rassemblant en andins les pieds arrachés manuellement ; après quelque temps de stockage ils sont suffisamment desséchés, du moins en saison sèche, pour être aisément brûlés, les cendres sont ensuite dispersées pour limiter les hétérogénéités que leur présence pourrait entraîner.

L'enfouissement de la masse végétale, plus ou moins réduite et fractionnée, se fait le plus souvent également avec des charrues de type rome-plow ou classiques (à socs ou à disques). On a ensuite encore fréquemment l'itinéraire technique marqué par les étapes « classiques » suivantes :

- sous-solage,
- nivellements éventuels,
- labours croisés à 35-40 cm,

— finitions à base de pulvérisateurs à disques plus spécialement recommandés sur sols argileux, ou à base de « rotary » à lames horizontales, recommandé sur sol léger,

— mise éventuelle en billon (ne se justifiant que quand il y a risque de stagnation d'eau en période pluvieuse susceptible d'affecter le système racinaire et la structure du sol qui doit être exploré par les racines (photos 118 et 119),

— ameublissement complémentaire éventuel superficiel au sommet du billon par « rotary » sur sol sensible au tassement.

Plus peut-être que les autres plantes, l'ananas est sensible à l'état du sol au moment de sa préparation. Un travail du sol réalisé sur sol gorgé d'eau a toujours des effets très néfastes sur la croissance de la plante. Parallèlement aux conséquences de tassements on constate fréquemment d'importants dégâts dus à une pullulation de symphytes tout particulièrement quand beaucoup de matière végétale non décomposée a été incorporée au sol.

Tous les efforts à partir des années 1970 tendent à réduire les passages d'engins dans le double but d'*économiser de l'énergie* et de *limiter les tassements* particulièrement préjudiciables en terrain sableux et/ou pauvres en matière organique. Le sous-solage tend à être abandonné en terrain sableux où il se révèle inutile (DUCREUX *et al.*, 1980). En terrain argileux on obtient l'« éclatement » en profondeur recherché, à condition d'avancer suffisamment rapidement, que si le terrain est suffisamment sec. En travaillant sur terrain trop humide, on risque d'avoir un profil souterrain en « dents de scie » très préjudiciable à l'homogénéité de la culture.

C'est avec les chisels sous-soleurs que l'on a le plus de chance d'obtenir régulièrement un bon travail en profondeur.

Les finitions superficielles font souvent plus de mal que de bien : dans bien des cas elles tassent à l'emplacement des roues le terrain préalablement ameubli mais surtout contribuent à la formation d'une semelle à faible profondeur contre laquelle viennent buter les racines et qui freine la pénétration de l'eau avec toutes les conséquences que cela comporte. On a habituellement avantage à faire appel à des appareils à dents, mais en terrain peu motteux où les résidus de la précédente culture sont bien décomposés, on a même avantage, dans bien des cas, à supprimer ces finitions.

Pour améliorer l'ameublissement en profondeur, principalement « à l'aplomb » des billons, tant souhaité pour favoriser l'exploration des racines on cherche à équiper la billonneuse de dents placées juste avant les disques et décalées les unes par rapport aux autres de façon à limiter les risques de « bourrage ». On retrouve à ce niveau la nécessité d'une bonne décomposition des débris végétaux : elle est le préalable à toute bonne préparation du sol.

II.5.2. — COUVERTURE DU SOL

Dès la création des premières plantations rationnelles d'ananas, on a cherché à couvrir le sol, essentiellement pour lutter contre les mauvaises herbes, mais également pour protéger le sol contre les agressions du climat sous ses différentes formes : érosion, tassement, lixiviation... et limiter les déperditions de l'eau dans l'atmosphère. Les premiers matériaux utilisés étaient de la paille provenant de la « brousse » avoisinante ou de cultures telles que le riz (paille), la canne à sucre (bagasse), voire l'ananas lui-même (broyats de vieux plants). Ils n'étaient pas sans inconvénients : le ressuyage du sol en saison des pluies se fait moins bien en leur présence et le risque de pourriture à *Phytophthora* (plus particulièrement quand on utilise des broyats d'ananas) sont parfois accrus (PY et TISSEAU M. A., 1965).

Pour des raisons diverses, on leur préfère du papier bitumé et plus récemment, le plus souvent, du polyéthylène de couleur noire (photo 123). La présence de cet écran imperméable que l'on place au niveau des rangées d'ananas et à travers duquel on plante le matériel végétal, présente des avantages importants :

- il limite considérablement le développement des adventices sur toute la zone couverte ;

- il limite les déperditions d'eau dans l'atmosphère, ce qui retarde l'assèchement du sol (la dépression limite de 15 c bars lue sur tensiomètres placés à 15 cm de profondeur est atteinte plus tardivement) (PY, 1965 b ; COMBRES, 1976 ; COMBRES, 1979 b ; LACOEUILHE, 1979), homogénéise le profil hydrique comme tend à le faire, par ailleurs, l'irrigation au goutte à goutte, et limite les risques d'ennoyage momentané sous pluie intense du moins quand on aménage des billons. Ces effets de la présence d'un film de polyéthylène sur le bilan hydrique sont abordés plus complètement dans le chapitre consacré à l'Irrigation (II. 8) ;

- il protège la structure du sol, donc limite la composition liée à l'effet cinétique des précipitations, ce qui permet un bien meilleur développement du système racinaire surtout dans les 15 premiers cm de sol et une amélioration de son activité (les racines ont un diamètre plus important et comportent un chevelu abondant) (HAINNAUX et de RICAUD, 1977 b ; LACOEUILHE, 1980-1981 ; PINON et PENEL, 1981) ;

- il limite la lixiviation des produits incorporés au sol avant sa pose, essentiellement les engrais, mais également les pesticides ; en fait, si globalement la lixiviation est freinée, elle l'est de façon très hétérogène : elle est fortement réduite au milieu du billon, mais plutôt accrue à l'emplacement des plants. Ces derniers avec leur rosette

de feuilles faisant office d'entonnoir (GODEFROY et LACOEUILHE, 1979 ; PINON et PENEL, 1981) ;

— en diminuant le refroidissement du sol par rayonnement nocturne et l'échauffement diurne les variations de température journalière (TISSEAU M. A., 1967) ; mais globalement la température moyenne est légèrement augmentée (EKERN, 1967). Seuls les quelques cm de terre les plus superficiels de sol (ceux en contact avec le film) voient leur température s'accroître notablement. Pour avoir un échauffement en profondeur particulièrement recherché dans les zones où la température s'écarte trop sensiblement de l'optimum, il faut faire appel à des films transparents laissant passer les rayons infra-rouge (LACOEUILHE, 1979 c).

Mais l'emploi d'un film de poly n'est pas sans inconvénients : en limitant le dessèchement il favorise du même coup le développement des parasites du sol : nématodes, symphytes... Le ressuyage étant par ailleurs plus lent sous film polyéthylène, les risques d'asphyxie des racines sont plus élevés. Il est prudent en l'utilisant de faire systématiquement un billon, qui doit être particulièrement élevé dans les zones à forte pluviosité. Les fabrications courantes ne se dégradent que très lentement ce qui a largement contribué à la pollution des terres cultivées en ananas et contribue à favoriser l'hétérogénéité des cultures par la formation de gleys. Les fabrications photodégradables s'altèrent souvent beaucoup trop rapidement. On recherche habituellement des fabrications peu onéreuses capables de se dégrader au bout de 6 mois-1 an (suivant la rapidité de croissance de l'ananas du lieu considéré).

Dans la plupart des cas cependant, les avantages (qui ne peuvent s'exprimer pleinement que si on a soin de le border) dépassent largement les inconvénients ; ils se traduisent essentiellement par une croissance beaucoup plus active qui permet des accroissements de rendements importants (pouvant dépasser 25 %) à longueur de cycle égale (PY, 1965 ; KERN, 1967 ; LACOEUILHE, 1979 c).

L'emploi du polyéthylène est habituellement particulièrement rentable dans un certain nombre de conditions, parfois apparemment opposées, mais depuis le renchérissement des énergies son emploi rend tout spécialement onéreux l'itinéraire technique qui fait appel à lui... ce qui en limite l'utilisation.

Dans les zones à haute pluviosité (zone d'altitude en Martinique), on recherche surtout avec son emploi une protection contre les mauvaises herbes, une protection de la structure du sol, une diminution de la lixiviation et un accroissement de température (PY, 1968 b ; LACOEUILHE, 1979 c) préoccupation que l'on retrouve dans de nombreuses régions ; cependant c'est le plus souvent essentiellement une limitation des déperditions de l'eau dans l'atmosphère que l'on sou-

haite. L'effet de sa présence est cependant limité dans le temps. Dans la zone centrale de Côte-d'Ivoire, il ne dépasse pas 3-4 mois et il est indispensable de faire appel à l'irrigation si on veut éviter un arrêt de croissance ou tout au moins un fort ralentissement de celle-ci (COMBRES, 1979 e), ce qui a fait souvent dire que le polyéthylène « fait gagner » deux à trois mois de saison sèche.

Actuellement ce sont les films de 0,03 à 0,05 mm qui sont les plus utilisés, il est nécessaire qu'ils débordent largement (± 30 cm) des lignes extérieures d'ananas pour que l'on puisse les border, condition essentielle à leur efficacité. Suivant les fabrications et les dispositifs de plantation adoptés le poids/ha de poly est d'environ 275 kg, correspondant à une longueur de film de 7 000 à 8 000 m.

I. 5.3. — AMENDEMENTS ET FUMURE DE FOND

(cf. Fertilisation II. 7.4.3)

C'est au moment de la préparation du sol que l'on applique :

- les amendements/engrais tels que les phosphates naturels et/ou les calco-magnésiens à faible solubilité et difficiles à appliquer en cours de végétation ;

- éventuellement différents types de matières organiques dont l'apport est toujours très souhaitable mais que, dans la pratique, on ne peut utiliser que quand ils sont offerts à bas prix (GODEFROY, 1979 a) ;

- et parfois une fraction des éléments dont la plante a le plus besoin : l'azote et la potasse. Ces deux éléments sont le plus souvent incorporés dans la terre du billon au moment de sa formation (cf. Fertilisation II. 7.4.1 et II. 7.4.2).

En région à faible pluviosité ou en période peu arrosée, il y a relativement peu de risques qu'une fraction importante de ces derniers soit entraînée en profondeur. Il en va tout autrement en région à forte pluviosité et/ou en période très arrosée. Dans ces derniers cas, on n'applique habituellement azote et potasse au moment de la préparation du terrain que quand on fait appel à une couverture du sol à base de polyéthylène : l'engrais est alors incorporé au sol à l'implantation de la rangée d'ananas aménagée en billon (cf. Fertilisation II. 7).

II. 5.4. — TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES A LA PLANTATION

C'est également lors de la préparation du sol que débudent :

- la lutte contre la plupart des parasites et ravageurs des racines, détaillée dans le chapitre II. 9 :

- nématodes en premier lieu (cf. II.9.8.1, p. 355-364)
- éventuellement :
 - symphytes (cf. II.9.9, p. 364-366)
 - larves de coléoptères (cf. II.9.13, p. 367)
 - fourmis qui assurent l'entretien et la migration des cochenilles responsables de la maladie du Wilt (cf. II.9.7, p. 353-354)
- et la lutte contre les adventices détaillée dans le même chapitre (cf. II.9.14, p. 368-376)
 - soit par un travail mécanique du sol avant sa préparation (cf. II.9.14.2.1)
 - soit par voie chimique (cf. II.9.14.2.2.)
 - soit en combinant les deux techniques.

Deux types d'herbicides peuvent être alors utilisés :

- soit des herbicides systémiques de postémurgence tel que le glyphosate,
- soit des herbicides de préémurgence à action résiduelle (amétryne, diuron, bromacil.) appliqués à l'emplacement des rangées d'ananas avant la mise en terre des rejets... soit, de plus en plus, juste après plantation.

II.5.5. — MÉCANISATION DE LA PRÉPARATION DU SOL

En dehors des appareillages « classiques » utilisés pour l'ameublissement du sol soit par retournement, soit en laissant le sol en place, on doit, après les finitions éventuelles, faire appel à des outillages beaucoup plus spécialisés.

Dans les grandes plantations hawaïennes, on a mis au point des engins capables de combiner pour 2 ou 3 rangées à la fois les dernières opérations en un seul passage (photo 118) :

- application de nématicides et pesticides,
- application d'engrais,
- mise en forme du billon,
- pose du film de polyéthylène,
- recouvrement des bords du film.

Certains d'entre eux sont même capables de dérouler des tuyaux d'irrigation au sommet du billon avant la pose du film de polyéthylène, en vue d'une irrigation « localisée ».

On verra dans le chapitre suivant que certains peuvent également faire office de « machine à planter ».

Pour des plantations plus modestes on cherche aussi à combiner le plus possible les diverses opérations pour réduire les passages dans le double but d'économiser de l'énergie et de limiter les tassements comme on l'a déjà vu dans le cas de l'ameublissement du sol.

On peut utiliser des billonneuses-dérouleuses de poly de grande série n'intéressant qu'une seule rangée et les équiper d'applicateurs d'engrais et de pesticides, voire de coutres ou dents, dans le but de parfaire l'ameublissement du sol à l'« aplomb » du billon comme on l'a indiqué plus haut. Mais, le plus souvent, les appareillages spécialisés que l'on trouve sur le marché ne sont pas utilisables dans le cas d'une culture d'ananas sans une adaptation préalable.

En l'absence de moyens mécaniques, on estime en Côte-d'Ivoire que 10 j/ha sont nécessaires pour l'application et le bordage du film.

II. 6. — CHOIX, PRÉPARATION ET MISE EN TERRE DU MATÉRIEL VÉGÉTAL DE PLANTATION

La qualité du matériel végétal de plantation est tout aussi importantes à considérer pour le devenir d'une plantation que la qualité de la préparation du sol. Il est connu qu'un « mauvais départ » de plantation dû à l'un ou l'autre de ces facteurs, ne se rattrape jamais : on ne peut qu'atténuer leurs effets dépressifs.

Tout type de rejet (couronne, bulbille, cayeu, type intermédiaire : hapa ou rejets de pépinière (cf. I. 3.1.4. et II. 13) peut être utilisé comme matériel végétal de plantation, mais chacun d'eux ayant ses caractéristiques propres il est indispensable pour avoir une bonne homogénéité de la plantation, condition essentielle à une conduite rationnelle, de les planter séparément si on fait appel à plusieurs types et même pour chacun d'eux de prévoir autant de parcelles différentes qu'il y a de classes de poids (critère directement lié à la vitesse de croissance du plant et, à plus longue échéance, au poids du fruit) (cf. I. 3.3. et I. 3.5).

Si dans le cas où on débute une plantation d'ananas on est souvent contraint de faire appel à tout type de matériel végétal disponible, en « régime de croisière » on peut se borner à un nombre limité de catégories de rejets choisis en fonction des possibilités, qui dépendent en partie du système de culture adopté et des cycles que l'on se propose de suivre pour atteindre les objectifs économiques que l'on s'est fixé.

II. 6.1. — LES DIFFÉRENTS TYPES DE MATÉRIEL VÉGÉTAL UTILISABLES POUR LES PLANTATIONS

Dans le chapitre I. 3.1, consacré à la Botanique, on a précisé l'origine et les principales caractéristiques morphologiques des différents types de rejets (I. 3.1.4) et, donné quelques indications concernant leur croissance. Avec le tableau synoptique 41 on a cherché à

TABLEAU 41

Les différents types de rejets — Principales caractéristiques, leur

Type de matériel végétal	Origine	Principales caractéristiques morphologiques	Nombre moyen chez Cayenne Lisse	Poids moyen chez Cayenne Lisse	Homogénéité	Période où ils sont disponibles	Difficulté de récolte ayant une incidence sur le coût
<u>Cayeux</u> (sucker)	bourgeon axillaire de la tige	allongé, base ligneuse effilée	2 à 3	très variable suivant stade de développement si on ne le pousse auquel il est récolté 500 g ± 300 g	Matériel très hétérogène si on ne le pousse auquel il est récolté dès qu'ils ont atteint un stade de développement donné	de 4 mois à 12 mois après la récolte du fruit	Difficile à récolter
<u>Cayeux souterrain</u> (ground sucker)	bourgeon axillaire de la base de la tige	Plus allongé que le cayeu "aérien" - base enracinée	0 à 1	id*	id*	id*	id*
<u>Keps</u>	bourgeon axillaire du haut de la tige	analogue à cayeu mais base en "bec de canard"	se sont acclimatés habituellement aux cayeux donc le nombre indiqué pour les cayeux les comprend	id* à cayeu	id* à cayeu	comme dans le cas des cayeux	difficulté intermédiaire entre cayeu et bulbille
<u>Bulbille</u> (slip)	bourgeon axillaire du pédoncule fructifère	moins allongé que le cayeu "aérien", rosette de feuilles plus ouverte, + couverte. Renflament à la base.	0 à 5 suivant cultivars	350 g ± 100 g	moins hétérogène que les cayeux	dans les semaines qui suivent la récolte du fruit	aisé à récolter
<u>Couronne</u> (crown)	sommet du fruit	tige très courte, nombreuses feuilles, rosette de feuilles très ouverte	(habituellement)	< 50 g ± 100 g	relativement homogène	à la récolte du fruit	Leur récolte se faisant en même temps que la récolte du fruit, elle est considérée comme "gratuite"
<u>Rejet dit "de papière"</u>	bourgeon axillaire de la tige	comparable à celle du cayeu mais habituellement plus effilée que le cayeu	très variable suivant l'âge de la tige	très variable suivant le stade de développement auquel le rejet est sorti de papière	très variable si on ne les récolte pas dès qu'ils ont atteint un stade de développement donné		L'arrachage des jeunes plants exige un minimum de précautions. Récolte étalée
<u>Stump</u> (Certains cultivars du groupe Queen)	cayeux ayant fructifié	cayeux présentant de nombreux cayeux à des stades de développement plus ou moins avancés	-	1 à 3 kg	très hétérogène suivant le stade de développement des cayeux	après récolte du fruit	correspond à un arrachage de plants

synthétiser l'ensemble des caractéristiques de chacun des types de matériel végétal utilisable pour créer de nouvelles plantations y compris des types très particuliers tels que ceux utilisés chez certains cultivars du groupe 'Queen' (DALLDORF, 1978 a ; REYNHARDT et DALLDORF, 1968 a ; REYNHARDT et VAN BLOMMESTEIN, 1966).

Leur vitesse de croissance dépend, entre autres facteurs, des quantités d'eau et d'éléments nutritifs mis à leur disposition au

disponibilité et leur valeur en tant que matériel végétal de plantation

Volume (Nbre de re- jets au m ³)	Sensibilité aux maladies (Ceratomyces -Phytophthora)	Profondeur de plantation/ sensibilité à la sèche- resse	Sensibilité aux facteurs du milieu préissant à la différenciation des in- florescences	Longueur de cycle-type (chez Cayenne Lisse en Côte d'Ivoire T° moyenne : 26-27°) pour un poids moyen de fruits de 1,6-1,8 kg
environ 400 au m ³ en boîtes de 10 : 580 au m ³	Relativement peu sensible	Plantation relative- ment profonde, conférant une assez bonne résis- tance à la sécheresse	Grande sensibilité	14 mois \pm 1 mois
id*	id*	id*	id*	id*
comme dans le cas des cayeux	id* à cayeu	id* à cayeu	id* à cayeu	id* à cayeu
en vrac : \pm 560 au m ³	relativement peu sensible	Plantation moins profonde, système racinaire moins profond, moins bonne résis- tance à la sécheresse que le cayeu	Sensibilité moindre	16 mois \pm 1 mois
en vrac : \pm 800 au m ³	très sensi- ble aux maladies	Plantation superficielle, système racinaire super- ficiel, peu résistant à la sécheresse mais moins exposé à l'asphyxie que le cayeu	Sensibilité faible	18 mois \pm 1 mois
-	modérément sensible aux mala- dies	Plantation relativement profonde	id* à couronne	Très variable : dépend du poids du rejet à la replantation
-	peu sensi- ble	Plantation assez profonde		Très variable : dépend du développement des cayeux à la plantation

moment de leur mise en terre. Ils atteindront en conséquence plus ou moins rapidement les stades de développement à partir desquels ils deviennent sensibles aux facteurs naturels de différenciation florale (LACOEUILHE, 1975 b ; LACOEUILHE, 1981), ce qui détermine la longueur de leur cycle « naturel ».

Dans la colonne la plus à droite du tableau 41 on a précisé pour chacun des trois principaux types de rejet les cycles moyens obtenus.

en l'absence de l'intervention de ces facteurs (donc en cycle « contrôlé ») dans le cas d'un environnement particulièrement favorable à une croissance active (Côte-d'Ivoire où la température moyenne se situe entre 26° et 27° C). A proximité des Tropiques du Cancer et du Capricorne, les cycles sont en moyenne plus longs de deux à quatre mois.

Le coût des rejets dépend habituellement étroitement des difficultés de récolte. Dans le cas de cayeux qui sont solidement attachés sur le pied-mère, il faut, le plus souvent, opérer un balancement latéral préliminaire avant de pouvoir les arracher et comme par ailleurs leur production est très étalée dans le temps, le nombre de cayeux récoltés par homme/jour entre le plus souvent dans la fourchette 1 000 à 1 500. Dans le cas des bulbilles, la récolte est beaucoup plus aisée mais c'est dans le cas des couronnes qu'elle est la moins onéreuse étant donné que leur récolte est réalisée en même temps que le fruit, seul coûte habituellement leur acheminement sur le terrain.

II. 6.2. — QUALITÉ DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

Indépendamment des caractéristiques liées à leur type et à leur poids, les rejets peuvent être de qualité très différente principalement quand on a affaire à des cayeux. La vigueur de ceux-ci décroît avec l'âge de la plante, comme on l'a vu plus haut, même si on a eu soin de réaliser après la récolte du fruit des apports répétés d'éléments fertilisants avec ou sans insecticides. Cette perte de vigueur se reflète par une diminution de la circonférence de la base et un allongement du bouquet foliaire qui devient « effilé ».

Le temps et les conditions de stockage sont des facteurs tout aussi importants à considérer. Les auteurs s'accordent habituellement à reconnaître qu'un stockage prolongé, surtout quand il est réalisé dans de mauvaises conditions, diminue les potentialités ultérieures du rejet en le contraignant à vivre sur ses réserves (PY, 1960 c ; NORMAN, 1980 b ; PINON, 1981) : la reprise du rejet et sa croissance ultérieure sont plus lents ce qui se traduit, pour une même longueur de cycle, par comparaison avec des rejets « frais », par un poids moyen de fruit plus faible et une plus grande hétérogénéité. La croissance du rejet se poursuivant pendant le stockage (mais de façon très ralentie) le diamètre de la tige se rétrécit ; à la reprise il y a formation d'un étranglement qui compromet souvent le développement ultérieur du plant et peut être à l'origine d'une verse. Par contre, réalisé dans de bonnes conditions, un stockage limité dans le temps peut avoir des effets bénéfiques : il induit un démarrage accru d'ébauches racinaires, permettant une prospection plus rapide et

plus complète du sol ce qui se traduit par une meilleure croissance des plants en début de cycle (RAFAILLAC et de RICAUD, 1980).

Dans une expérimentation menée en Côte-d'Ivoire, avec des cayeux de 375 g, le nombre de racines visibles est passé d'une moyenne de 50 à 90 après 81 j de stockage (RAFAILLAC et de RICAUD, 1981).

Malgré ses avantages, le stockage pour un temps limité n'est que très peu pratiqué : il accroît les manipulations donc le coût et soulève trop de problèmes pratiques.

A noter, que c'est sous une forme partiellement déshydratée obtenue par un stockage prolongé au soleil ou, tout au moins, à l'abri de la pluie que les différents types de rejet supportent le mieux un voyage prolongé.

II. 6.3. — TRI ET PRÉPARATION DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

La concurrence s'intensifiant avec le développement des plants il s'ensuit une hétérogénéité grandissante avec l'âge, pour l'atténuer on a intérêt à *faire un tri* rigoureux des rejets à la plantation qui doit être d'autant plus soigneux que la densité est élevée. Il est essentiellement basé sur le poids estimé des rejets. Le tri s'impose d'autant plus que l'amplitude des poids est grande donc tout particulièrement dans le cas des cayeux, alors que pour les bulbilles et, encore plus pour les couronnes, on peut souvent se contenter d'éliminer les sujets qui s'écartent le plus manifestement de la moyenne. Dans le cas de cayeux, on se contente habituellement de classes de poids de 200 g dont le nombre peut être limité avec un personnel expérimenté passant régulièrement et fréquemment dans les parcelles en production de rejets. A noter que l'on considère généralement que le stade de développement optimal pour ce type de rejet correspond plus ou moins à un poids de 400 à 500 g (Guyot, 1976 a).

Naturellement, ce tri par poids doit se doubler d'un tri sur le plan sanitaire : sont à écarter tous les rejets présentant différents types d'altération (pourriture à *Ceratocystis*. I. 4.2.1.2.1 ; gommose due à la Fusariose : I. 4.2.1.2.2 ou partiellement flétris (maladie du Wilt, I. 4.2.2.2) et si possible d'un tri basé sur la vigueur du rejet : les rejets « trapus » à feuilles larges sont toujours à préférer à des rejets à feuilles effilées dont la croissance sera inévitablement lente.

Parage : Pour faciliter et homogénéiser la reprise des rejets, essentiellement dans le cas des cayeux, on recommande souvent d'enlever les folioles plus ou moins desséchées de la base qui font écran entre les ébauches racinaires et le sol (photo 120). Ce *parage*, très exigeant en main-d'œuvre, ne se pratique, le plus souvent, que dans les régions où son coût est peu élevé et se limite en général aux

seules périodes sèches. Il présente cependant l'avantage de rendre plus efficace la désinfection des rejets par trempage... mais en blesant leur base il peut les exposer davantage au champignon *Ceratocystis paradoxa* (cf. II.9.2) si on tarde à les planter.

Pour les bulbilles, on enlève parfois l'ébauche de fruit qui se trouve à leur base ce qui aurait pour effet de stimuler la reprise.

Dans le cas des couronnes tout parage est considéré comme superflu, voire nuisible.

Quand on a affaire à des cayeux de grande taille on enlève souvent la moitié supérieure du feuillage pour faciliter les opérations de transport et limiter la prise au vent après plantation. Cette opération, selon certains auteurs, aurait par ailleurs l'avantage de limiter le nombre de différenciations florales « sauvages », imputables à un sevrage tardif, mais pour d'autres la meilleure façon de les éviter consiste à forcer leur croissance, dès la plantation, par des apports importants d'azote (DALDORF, 1977).

Afin d'accélérer les émissions racinaires diverses substances de croissance ont été essayées, l'A.I.A. (acide indol acétique) semble la plus intéressante (LACOEUILHE, 1979 a ; TEISSON, 1979 e) mais, nécessitant un contact prolongé entre rejet et produit, cette technique n'est pas encore passée dans la pratique.

L'organisation matérielle des chantiers de tri et préparation des rejets varie considérablement d'une plantation à l'autre. Dans le cas des cayeux, le seul tri par poids estimé et état de « fraîcheur » se fait habituellement sur la base de 5 000 rejets/homme/journée et le parage sur la base de 1 500/homme/journée. De plus en plus on cherche à regrouper plusieurs opérations ensemble : tri-parage et mise en botte par exemple (cette dernière opération présentant l'avantage de faciliter les manutentions et de demander moins de moyens pour le transport des cayeux) : plus ou moins 1 000/homme/journée. Si on ajoute la récolte le nombre de cayeux traités par journée tombe habituellement à 600-800/homme.

Désinfection : Tout doit être mis en œuvre pour n'avoir à planter qu'un matériel sain, c'est le meilleur moyen pour tenter de prévenir des maladies et l'action des ravageurs.

Plusieurs types d'infection sont à redouter sur rejet et à partir de rejets :

infection due à *Ceratocystis paradoxa* (cf. I.4.2.1.2.1) qui débute, le plus souvent, par la blessure due à la séparation du rejet de son support (tige ou pédoncule fructifère dans le cas de cayeux hapas et bulbilles, fruit dans le cas de couronnes). Une cassure bien nette est tout particulièrement à rechercher dans le cas des couronnes, très sensibles à ce pathogène. On l'obtient en lui assénant un coup sec à la récolte du fruit ; l'enlèvement de la couronne du fruit par torsion,

par contre, ne manque pas de laisser attaché à sa base un fragment de chair, point de départ habituel d'une infection.

L'exposition de la base des rejets au soleil et/ou le trempage dans des solutions fongicides permettent d'éviter l'infection à base de ce pathogène (cf. chapitre de la Protection Phytosanitaire : II. 9).

— Infection à base de *Phytophthora* (cf. I. 4.2.1.1.1) à la suite de manipulations auxquelles sont soumis les rejets et surtout à la suite de projections de terre au cœur de la rosette de feuilles au moment de la mise en terre ou peu après. Pour prévenir cette maladie là où elle sévit on recommande d'immerger les rejets dans une solution fongicide spécifique ou, mieux, pour économiser de la main-d'œuvre, de faire une application immédiate après plantation en cherchant à la localiser au cœur de la rosette foliaire pour économiser du produit. Produits et modalités d'application sont précisés dans le chapitre de la Protection Phytosanitaire (II. 9.1).

— Pour prévenir la *maladie du Wilt* (cf. I. 4.2.2.2 et II. 9.7) il est nécessaire de débarrasser le matériel végétal de toute cochenille *Dysmmicoccus* spp.

On recommande, ici encore, une immersion dans une solution insecticide appropriée (photo 121) ou mieux, pour économiser de la main-d'œuvre, de traiter « en amont » c'est-à-dire les plants-mères pendant que les rejets poursuivent leur développement et/ou, à défaut, « en aval » : peu après la mise en terre des rejets. Dans ce dernier cas, la désinfection est moins complète et beaucoup de produit risque d'être perdu si on ne parvient pas à localiser correctement l'application de la solution. Là où la maladie est particulièrement difficile à juguler il est préférable de traiter aussi bien « en amont » qu'« en aval ». Le détail des techniques préconisées et des produits recommandés à cet effet est donné dans le chapitre de la Protection Phytosanitaire (cf. II. 9.7).

— Pour prévenir une attaque de *nématodes* (cf. I. 4.2.3.1.1 et II. 9.8) on peut immerger le rejet dans une solution de nématicide systémique. Le temps de contact nécessaire pour une bonne efficacité étant assez long, cette technique, efficiente, n'est cependant pas entrée dans la pratique courante, on préfère traiter le sol ou la jeune plante (cf. chapitre de la Protection Phytosanitaire : II. 9.8).

II. 6.4. — MISE EN TERRE DES REJETS

L'acheminement des rejets sur le lieu de plantation nécessite des moyens relativement importants vu le volume que représente le matériel végétal (on compte dans le cas de « vrac » une moyenne de

400 cayeux de 500 g au m³ — elle passe de 580 si les cayeux sont ficelés en bottes de 10) (BOUFFIN, 1982).

Se pose ensuite le problème de la distribution de ce matériel végétal sur le terrain. Dans le cas où la plantation est entièrement manuelle, cette opération fait partie du « contrat de travail » du planteur, elle se fait habituellement à l'aide de paniers ou de sacs. Mais un gain de temps appréciable est obtenu en disposant à l'arrière d'une remorque remplie de rejets, des ouvriers chargés de les distribuer à la volée sur l'ensemble du terrain. Un surplus étant assuré, il est nécessaire de prévoir après la mise en terre l'enlèvement des rejets excédentaires. Si la plantation dispose d'une « machine à récolter », on l'utilise parfois pour mettre en andins au milieu de la parcelle à planter une partie des rejets ce qui allège quelque peu la tâche du planteur.

Dans le cas de l'emploi d'un film de polyéthylène, l'emplacement des rejets est matérialisé par un trou ou une marque de peinture. En l'absence de celui-ci, les écartements à respecter entre plants sont imprimés sur le sol en faisant appel à des « roues marqueuses » traînées derrière un tracteur ou à des cadres-marqueurs rigides que l'on déplace manuellement (photo 117). On peut également faire appel à de simples cordelettes sur lesquelles les distances à respecter sont marquées d'une façon ou d'une autre. Parfois le plantoir lui-même sert de mesure : sa longueur correspondant à la distance à respecter entre plants mais dans bien des cas les écartements sont simplement estimés au « jugé » par les ouvriers chargés de la mise en terre des rejets. Le modèle de *plautoir* le plus utilisé est constitué d'une lame métallique lancéolée prolongée d'un manche mais il existe de nombreuses variantes (photo 122 et 123), le modèle le plus « dépouillé » se réduisant à un simple battonnet. Le plantoir est utilisé suivant différentes techniques. Dans le cas de cayeux, le « coup de main » qui permet les plus hautes performances consiste, en se plaçant « à cheval » sur la rangée, à plonger la lame obliquement vers soi dans le sens de l'axe de la rangée, puis à la soulever légèrement pour créer un vide dans lequel on glisse la base du rejet (photo 122). Celui-ci est alors planté obliquement mais il ne tarde pas à se redresser dans les semaines qui suivent. Les couronnes, par contre, sont plantées le plus souvent verticalement après avoir complété si nécessaire l'ameublisement superficiel du billon à l'aide d'un outil.

Il est toujours préférable d'éviter de tasser, cette opération est cependant parfois nécessaire quand on a affaire à des cayeux de grande taille afin de leur permettre de se maintenir verticaux.

Dans certains pays on fait précéder la mise en terre d'une « trouaison » à l'aide d'un pieu dont la base est taillée en pointe. Les parois du cône ainsi formé sont inévitablement compactées ce qui est très préjudiciable à la pénétration des racines dans le sol. Dans d'autres

cas, on fait appel à des outils de pépinière qui enlèvent un cylindre de terre, technique plus satisfaisante mais qui demande beaucoup de main-d'œuvre.

La *profondeur de plantation* doit être calculée de façon à placer le méristème terminal de la tige au niveau du sol. S'il est placé en dessous on risque des « ensablements » qui ralentissent la croissance et exposent le plant à des attaques de *Phytophthora*. La plante réagit à une mise en terre trop profonde par la formation de feuilles très longues et un port érigé. Il est toujours vivement recommandé de chercher à éviter de planter quand le sol est trop humide... ou trop sec. Dans le premier cas on a des tassements de sol préjudiciables à une bonne exploration ultérieure des racines, dans le second, la mise en terre proprement dite est très souvent irrégulière ce qui engendre, par la suite, des hétérogénéités.

II. 6.5. — DE LA MÉCANISATION DE LA MISE EN PLACE DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

On a cherché de longue date, à mécaniser cette opération qui, réalisée entièrement manuellement, exige beaucoup de main-d'œuvre (on compte de 1 500 à 8 000 rejets/homme/journée suivant que les rejets sont distribués ou non sur le terrain, leur nature et suivant le mode de rémunération adopté, « à la journée de travail » ou « au rejet planté »).

Les premières « planteuses » utilisées en Australie consistaient essentiellement en des trémies en face desquelles étaient disposées, très proches du sol, les sièges des opérateurs (photo 125). Ces derniers prenaient les rejets à la base des trémies et les enfonçaient dans le sol entre leurs jambes à des intervalles préalablement matérialisés sur le sol (KING, 1964). On mit au point, par la suite, des tubes-glissières dans lesquels on introduisait les rejets, ce qui évitait d'avoir à se courber ; avec un équipement de ce type on parvient à planter une moyenne de 5 000 rejets/homme/journée. La descente du rejet (couronnes ou bulbilles) fut perfectionnée en aménageant des palpeurs-entraîneurs tandis qu'un sillon était ouvert sous la machine pour les recevoir (GUNKEE, KAHL et MAFFET LEE, 1972), le rendement passerait alors à quelques 10-12 000 rejets/homme/jour, si on n'a pas à déplorer de pertes de temps pour le remplissage des trémies. C'est en effet cette dernière opération qui est l'occasion des plus importantes pertes de temps et limite l'intérêt de la petite mécanisation.

Plus récemment, à Hawaï, une Compagnie a mis au point une « planteuse » où les couronnes sont disposées dans des trous préala-

blement aménagés dans un film de polyéthylène noir qui se déroule devant deux opérateurs assis en face de trémies. Le film est ensuite plaqué au sol à l'aide de roues munies de pneus larges (photos 127, 128, 129). Cette machine qui permet de planter une moyenne de près de 10 000 couronnes/homme/journée, applique en outre engrais et pesticides, forme un billon (cf. II.5.5), dépose dans certains cas une tuyauterie destinée à l'irrigation localisée avant de recouvrir de terre les bords du film (TEISSON, 1979 f).

II. 7. — FERTILISATION

Les engrais sont un élément essentiel dans la production de l'ananas. La part qu'ils représentent dans le coût global de la culture est variable selon l'intensification des techniques et la rémunération de la main-d'œuvre. Ils constituent cependant toujours une part très importante des intrants : 47 % en Martinique, 37 % en Côte-d'Ivoire en cultures intensives mais non irriguées (1981). Si on ajoute les pesticides, qui sont en partie destinés à améliorer l'utilisation des engrais par la plante, ce sont près de 75 % des intrants qui sont concernés (cf. Aspects économiques IV). L'importance de ce poste budgétaire suppose que la fertilisation soit rentabilisée de façon optimale.

Le rôle de la fertilisation est d'améliorer la fertilité du sol ou de la suppléer en l'harmonisant au rythme des besoins de la plante. Cependant, la fertilité du sol dépend de tout un ensemble de facteurs physiques comme chimiques, entre lesquels il existe un large réseau d'interactions. La fumure, comme d'autres opérations culturales, modifie fortement le milieu. Mais elle n'est pas le seul facteur capable d'agir sur la nutrition de la plante. La fertilité est une notion globale et dynamique qui ne se limite pas seulement à la richesse chimique.

Par la fumure on cherche à améliorer le rythme de croissance de la plante. Mais en même temps, on modifie, directement ou non, l'état du sol, dont l'évolution plus ou moins rapide, retentit à terme sur la plante. La recherche trop poussée de profits immédiats peut conduire à des situations difficiles à corriger.

La fertilisation doit avoir deux objectifs :

- à court terme : assurer l'efficacité optimale des apports fertilisants ;
- à moyen terme : contrôler l'évolution de la fertilité du sol.

Leur mise en œuvre doit s'appuyer sur les caractéristiques morphologiques et physiologiques de la plante.

II. 7.1. — ÉVOLUTION DES SOLS SOUS CULTURE D'ANANAS

L'évolution à moyen terme des sols sous culture d'ananas présente certaines caractéristiques importantes à connaître pour conduire rationnellement la fertilisation.

La mise en culture après déforestation se traduit toujours par une diminution de la *matière organique*. La cinétique de l'évolution varie avec le climat et le type de sol et aboutit, après quelques années, à un nouvel équilibre du bilan humique (GODEFROY *et al.*, 1972 ; GODEFROY *et al.*, 1977 ; GODEFROY, 1982).

L'appauvrissement en matière organique est plus important sous ananas que dans le cas d'autres cultures comme le bananier (GODEFROY, 1974). Cette évolution est due à :

- la discontinuité des restitutions : contrairement à ce qui se passe sous forêt par exemple, les restitutions se font massivement au moment de la destruction des sols avec des intervalles le plus souvent supérieurs à deux ans ;

- la température et l'humidité du sol : le sol est dénudé ou faiblement couvert pendant plusieurs mois en culture d'ananas. Outre l'élévation de la température du sol qui en résulte, les conséquences sont multiples sur l'érosion (ROOSE et ASSELINE, 1978) et la structure du sol.

La dégradation de la structure est liée à la diminution de la matière organique totale, mais également à l'évolution vers des formes de plus en plus stables et à la diminution de la production de composés transitoires de l'humidification (GODEFROY, 1974). Cette dégradation, continue dans le temps, est liée davantage à une augmentation de la mouillabilité des agrégats qu'à une diminution de leur cohésion (GODEFROY *et al.*, 1977) (fig. 65).

Les caractères chimiques évoluent de façon variable, selon la richesse initiale du sol. Le climat tropical humide favorable à l'ananas, entraîne une lixiviation importante des éléments minéraux, qui peut conduire à un appauvrissement plus ou moins rapide du sol.

Les besoins de la plante sont relativement élevés en azote et en potassium (cf. Nutrition de la plante I. 4.1.3.1). La fertilisation minérale réduite à ces deux éléments conduit à court ou à moyen terme, à une acidification du sol avec une diminution du calcium et du magnésium. Malgré des apports importants, le potassium est rarement amélioré de façon sensible, car les pertes par lixiviation sont élevées (GODEFROY, 1979 b).

Les besoins de l'ananas en phosphore sont réduits et cet élément, peu lixiviable, varie peu dans le sol, même en l'absence de fumure phosphatée.

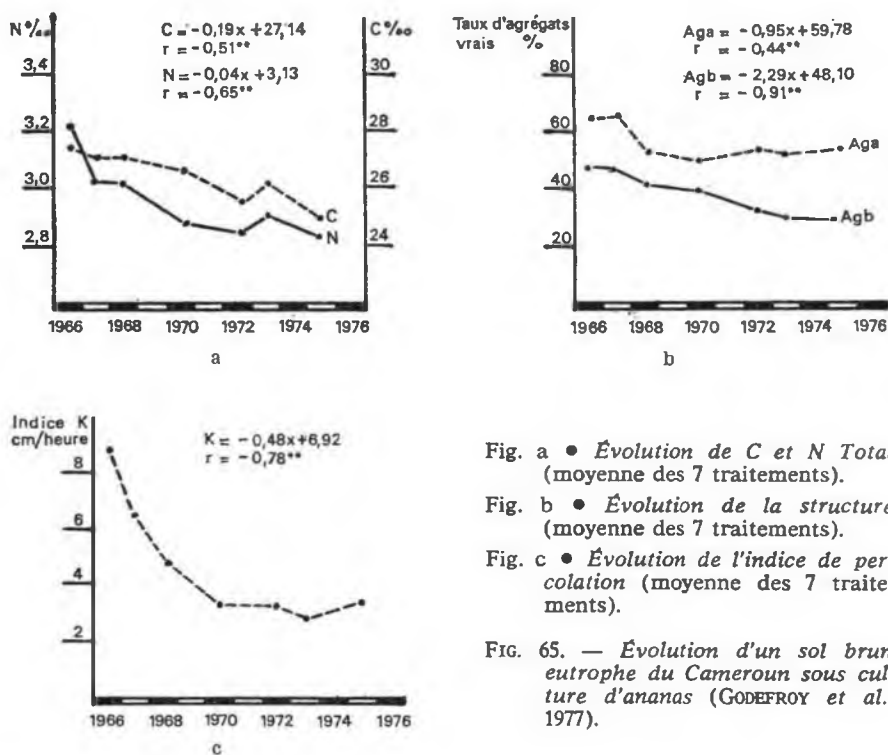


Fig. a • Évolution de C et N Total (moyenne des 7 traitements).

Fig. b • Évolution de la structure (moyenne des 7 traitements).

Fig. c • Évolution de l'indice de percolation (moyenne des 7 traitements).

FIG. 65. — Évolution d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture d'ananas (GODEFROY et al., 1977).

II.7.2. — ENTRETIEN DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DU SOL

Les exigences de l'ananas (cf. Écologie I.4.1.1, I.4.1.2 et I.4.1.3) font prêter une attention particulière aux caractères physiques et biologiques des sols.

L'entretien du stock organique joue un rôle prépondérant, lorsque le sol, peu couvert, est exposé à l'agressivité du climat. Au cours de cette période, la plante « installe » son système racinaire et ses exigences à ce point de vue sont particulièrement importantes à satisfaire dans l'élaboration du rendement.

L'enfouissement des résidus de culture a un effet favorable qui est visible dans le profil pendant quatre à six mois environ. Ce délai est très variable (climat, nature du sol). La vitesse de dégradation des résidus dépend beaucoup de leur fractionnement (cf. II.5). Des façons culturales répétées activent la décomposition. En saison sèche, elles ont un effet favorable sur l'incidence des nématodes (cf. Contrôle des nématodes II.9.8). La destruction des tiges peut poser des pro-

blèmes et occasionner des repousses qui servent de refuge à certains parasites (cf. Cochenilles II. 9.7).

La restitution de la totalité des résidus n'est pas toujours facile à réaliser à cause de la masse végétale qui doit être manipulée (cf. Besoins de la plante I. 4.1.3.1). Suivant les conditions, une fraction peut être utilisée pour une meilleure valorisation (cf. Utilisations III). Plus radicalement, les résidus peuvent être brûlés. Cette technique se justifie souvent pour des raisons pratiques et phytosanitaires (Cochenilles). Par rapport à l'enfouissement, elle favorise l'érosion sur les sols sableux (ROOSE et ASSELINE, 1978). Son impact sur le stock organique, probablement variable selon les situations, paraît mal connu à moyen terme. Des études récentes (ASGHAR et KANEHIRO, 1976 et 1980) sur l'incorporation des résidus de culture ont montré l'étendue et la complexité des phénomènes concernés qui rendent les résultats difficilement transposables d'une situation à l'autre.

L'utilisation des résidus peut être associée à une culture dérobée entre deux cycles (cf. Préparation du terrain II. 5 - Contrôle des nématodes II. 9.8). En 1934, KING a montré aux Hawaii qu'une culture de *Panicum* augmente les rendements en améliorant l'azote du sol. Depuis, FOSTER (1953 b) a fait un inventaire étendu des plantes améliorantes et de couverture dans les conditions des Hawaii. Une alternance de culture peut restaurer l'équilibre biologique des sols fragiles, recevant les quantités élevées de pesticides et d'herbicides de rémanence souvent utilisées en culture d'ananas (cf. Rotation de cultures : I. 4.2.3.1.1.).

II. 7.3. — ENTRETIEN DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Les résidus de culture constituent une masse importante d'éléments minéraux (cf. Besoins de la plante I. 4.1.3.1). A cause de la rapidité de la dégradation de la matière organique, ils sont libérés rapidement dans le sol, souvent au-dessus de ses capacités de fixation. Par rapport aux quantités qu'ils représentent, leur utilisation par la plante est souvent faible, surtout sur des sols pauvres sous des pluviosités élevées.

L'acidification et l'épuisement des sols sont principalement la conséquence d'apports massifs d'engrais sous des formes acidifiantes (sulfates). C'est surtout le cas de l'azote et de la potasse, facilement lixiviables et pour lesquels les besoins de l'ananas sont élevés. Sous climat tropical humide, il est très difficile de « redresser » le manque de fertilité du sol en ces éléments.

L'évolution vers l'épuisement du sol n'est cependant pas inéluctable. Une fumure minérale bien conduite peut, au contraire, amé-

liorer certains caractères du sol d'origine. C'est notamment le cas sur les sols ferrallitiques désaturés de Basse Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE, 1978 a). La fumure minérale a réussi à ramener le sol, en six ans, à un état voisin de celui résultant d'apports organiques importants et réguliers pendant plus de quinze ans. Cependant, si la part des caractères mesurés sont améliorés par rapport à la forêt d'origine, dont un pH plus élevé, la perméabilité est diminuée (PERRIER, 1979). Une adaptation progressive des techniques culturales (travail du sol, utilisation de billons) est donc indispensable.

Pour cela, la fertilisation minérale doit respecter les règles suivantes (LACOEUILHE, 1978 a) :

- les apports d'azote et de potasse doivent être fractionnés au maximum dans les limites de la rentabilité et de l'organisation du travail sur les exploitations,

- les apports de ces éléments facilement lixiviés doivent être faits le plus près possible de l'utilisation par la plante (temps, quantité). Ils doivent varier parallèlement aux besoins de la plante (cf. plus loin) pour qu'elle puisse exprimer en permanence son potentiel de croissance,

- ces apports doivent éviter de créer des déséquilibres dans le sol. La morphologie particulière de l'ananas permet de « court-circuiter » en partie le sol (feuilles en gouttière, port en rosette formant une sorte d'entonnoir),

- un contrôle suivi du pH est indispensable. Des apports d'éléments peu lixiviables, sous forme de carbonate de chaux et de magnésie permettent d'éviter l'évolution vers l'acidification des sols,

- les apports minéraux doivent être utilisables par la plante. L'absorption et la métabolisation des éléments minéraux suppose un fonctionnement racinaire optimal. L'aménagement de l'environnement racinaire (physique du sol, parasitisme) est une condition préalable.

Il ne suffit pas d'apporter à la plante des éléments fertilisants qui lui sont théoriquement nécessaires, pour que le rendement soit maximum et que la fertilité du sol soit la meilleure possible. Rentabilisation des engrais et optimisation des conditions de la croissance sont étroitement liées.

II. 7.4. — SATISFACTION DES BESOINS DE LA PLANTE

L'adaptation des apports fertilisants au rythme des besoins de la plante est un moyen essentiel pour préserver la fertilité du sol. C'est en même temps l'assurance de l'efficacité des apports.

II.7.4.1. — Azote

En l'absence de facteurs limitants, la croissance de la plante est déterminée par les conditions climatiques. Pour réaliser son potentiel de croissance, la plante doit disposer en permanence de quantités suffisantes en éléments nécessaires. L'azote est le plus important et son taux dans la feuille D entière doit rester supérieur à 1 % de la matière sèche (MARTIN-PREVEL, 1959 c). En accélérant la croissance, l'azote augmente les besoins en K et Mg principalement. La fertilisation azotée conditionne celle des autres éléments.

Il est donc indispensable que le taux de croissance soit prévu pour que les apports *précèdent* les besoins de la plante (cf. fig. 66 et 67). Ceux-ci augmentent avec la croissance : ils sont *croissants* (cf. Besoins de la plante I. 4.1.3.1).

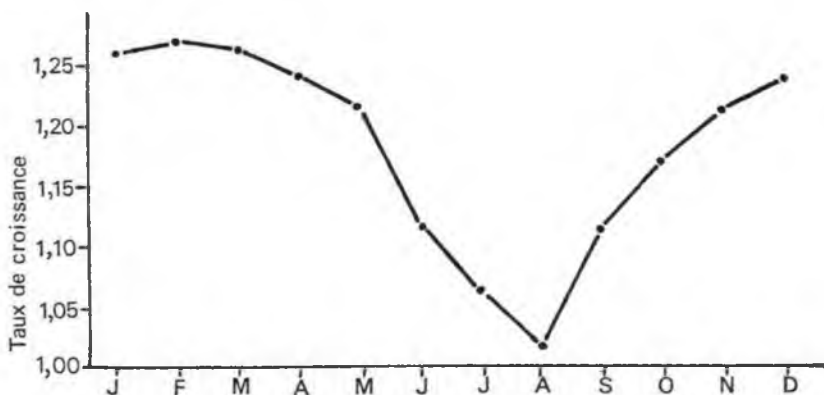


FIG. 66. — Prévision du taux de croissance mensuelle, Australie (GLENNIE, 1981).

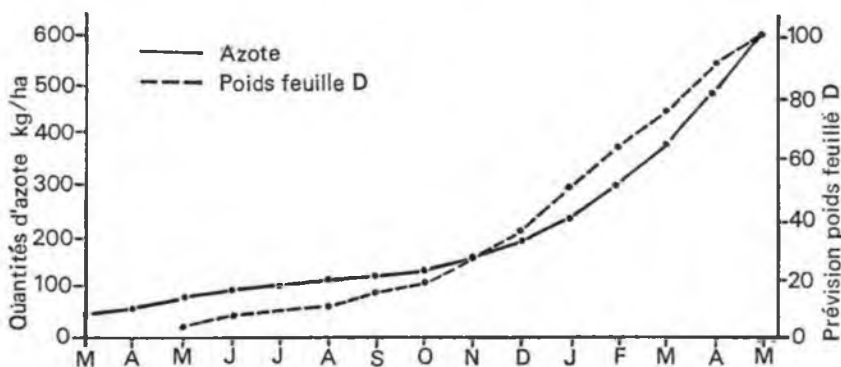


FIG. 67. — Quantités d'azote appliquées en fonction de la croissance prévisible (GLENNIE, 1981).

Cependant, la fertilisation doit être adaptée aux rythmes saisonniers qui influencent la vitesse de croissance. Il est nécessaire de connaître les conditions climatiques pour établir un programme cohérent des apports. La pluviométrie. La pratique de l'irrigation permet de remédier à des irrégularités préjudiciables à une planification stricte. Une autre adaptation liée aux variations climatiques, consiste à assurer un état nutritionnel d'autant plus élevé que les conditions sont défavorables à un bon fonctionnement racinaire. Le rythme de la fertilisation peut être augmenté *avant* un risque saisonnier d'excès ou de déficit hydrique du sol. La résistance de la plante est améliorée.

Le principe des apports croissants doit également être modulé en fonction de l'âge de la plante et de la position dans le cycle cultural. Au stade jeune, les besoins sont faibles et le sol bénéficie encore de l'enrichissement de la matière organique et des éléments minéraux qu'elle contient. Les réserves du sol, qui constituent une source importante tout au long du cycle, même sur les sols pauvres, sont à ce stade là, les plus aptes à satisfaire la plante. Pendant la première phase de la croissance, les apports fertilisants peuvent être minimes et inférieurs aux besoins faibles de la plante.

Cette adaptation n'est possible que si les rejets ont un état nutritionnel suffisant au moment de la mise en terre. Pour émettre leurs racines, les rejets mobilisent leurs réserves qui sont d'autant plus faibles que leur poids est peu élevé. La fertilisation des rejets sur le plant-mère est donc importante. A défaut, des apports peuvent être réalisés sur les jeunes plants. Cette pratique est, cependant délicate, car on sait que l'enrichissement de la solution du sol à ce stade, limite le développement racinaire que l'on cherche précisément à favoriser.

Cette réserve mise à part, l'état de la nutrition azotée a moins d'incidence sur le rendement aux stades jeunes qu'au moment de l'induction florale (SANFORD, 1962). La fertilisation doit conduire à une vitesse de croissance suffisante au moment de l'induction florale. C'est de cette façon qu'elle permet de réduire la longueur du cycle. Le nombre d'yeux différenciés, élément essentiel du poids du fruit produit, dépend de l'activité qui se manifeste au niveau de l'apex. Il est donc indispensable d'avoir une croissance rapide à ce stade grâce à une nutrition azotée élevée (coloration du feuillage n° 1 ou 2 selon le code hawaïen). Cet objectif ne doit cependant pas compromettre la réussite du traitement d'induction florale (cf. II. 10). Lorsque celle-ci est délicate, il est préférable de limiter un peu la nutrition azotée en tenant compte de la vitesse d'absorption des apports fertilisants (cf. plus loin).

En général, la fertilisation azotée ne se poursuit pas après l'induction florale. Des apports limités sont cependant possibles lorsque

l'état nutritionnel du plant est insuffisant ou lorsque les conditions de son alimentation à partir du sol sont limitées (excès d'eau). Ils sont plus bénéfiques, s'ils sont pratiqués pendant que la croissance foliaire se poursuit, c'est-à-dire avant l'apparition des inflorescences (cf. Croissance végétative I. 3.3). Dans ces conditions, leur impact défavorable sur la qualité du fruit est faible. L'arrêt de la fertilisation azotée est dû essentiellement à ses effets catastrophiques sur la qualité (cf. Le milieu physique et le fruit, I. 4.1.4). Elle ne peut reprendre que sur les rejets (cf. plus haut).

II. 7.4.2. — Potasse

Dans la plante, le potassium représente, jusqu'à l'induction florale, des masses deux fois plus importantes que celles d'azote (LACOEUILHE, 1978 a). Les besoins globaux en potassium, liés à l'action de l'azote sur la croissance (cf. Nutrition de la plante : I. 4.1.3) sont *grosso modo* dans le même rapport.

La part du sol dans l'alimentation potassique dépend de sa richesse et particulièrement de sa teneur en argile ainsi que de la nature de celle-ci.

L'absence de réponse à la fumure potassique est rare (cf. Chimie du sol : I. 4.1.2) et il faut de toute façon éviter un épuisement trop rapide du sol, en restituant au cours du cycle au moins l'équivalent des exportations (cf. Besoins de la plante : I. 4.1.3.1). Sur les sols pauvres, le potassium est facilement lixivié et les apports, évidemment plus importants, doivent, comme pour l'azote, être fractionnés et croissants.

Au début de la croissance, les besoins sont relativement faibles. Ils sont en général satisfaits par le sol. Ils augmentent rapidement en entrant dans la phase de croissance active. Le potassium joue un rôle important dans le transfert des métabolites. Ses besoins sont par ailleurs liés à l'ensoleillement et à l'intensité de la photosynthèse. En influençant l'économie de l'eau (cf. Écologie - La plante et le climat : I. 4.1.1) il peut jouer un rôle favorable sur la croissance dans des conditions d'alimentation en eau partiellement limitantes. Les relations entre besoins en potassium et alimentation hydrique sont cependant encore mal connues.

Le rapport K_2O/N de la fumure doit être augmenté avec :

- l'intensité de la croissance et l'âge de la plante,
- la dose d'azote,
- l'ensoleillement.

Le rapport K_2O/N joue un rôle essentiel sur la qualité du fruit. Son augmentation à l'approche de l'induction florale est en grande partie liée à ce problème. L'absorption du potassium se poursuit après

l'induction florale, plus activement que celle de l'azote (LACOEUILHE, 1973 b). Maintenir une nutrition potassique élevée à cette période est indispensable lorsque les disponibilités du sol en azote sont importantes (sols nouvellement mis en culture, conditions favorables à la minéralisation...). Des apports supplémentaires de potasse sont parfois utiles pour obtenir une acidité suffisante des fruits, lorsque ces conditions sont réunies sur des sols pauvres. Ces apports sont moins bien rentabilisés qu'en phase de végétation (TISSEAU M. A. et TISSEAU R., 1971 ; TEISSON, 1977). Comme pour l'azote, ils ont une efficacité supérieure à proximité de l'induction florale.

Le potassium est nécessaire à la croissance des rejets (DALLDORF, 1975 b). Ceux-ci doivent être comptabilisés dans les exportations lorsque le sol est riche. Sur sol pauvre, les apports sont, le plus souvent, égaux à ceux d'azote.

II.7.4.3. — Contrôle du pH - Calcium - Magnésium - Phosphore

Sans contrôle du pH, une fumure même excellente ne permet pas d'obtenir des rendements satisfaisants.

L'ananas préfère les sols acides (pH de 4,5 à 5,5) peu saturés (cf. La plante et le sol I. 4.1.2). Le maintien du pH aux valeurs optimales est parfois difficile notamment pour les valeurs les plus basses. Le fractionnement de la fumure N-K permet de limiter les risques d'évolution vers une acidité accrue ; mais des apports spécifiques sont cependant nécessaires sous forme de carbonates.

L'importance relative des besoins en *magnésium* de la plante ainsi que la pauvreté assez fréquente en cet élément de nombreux sols cultivés en ananas font souvent préférer des carbonates doubles de chaux et de magnésie. Les quantités nécessaires se calculent à partir de l'action alcalinisante des produits utilisés dans les sols considérés. Elles sont de l'ordre de 1 à 1,5 t/ha de calco-magnésiens (200 à 300 kg MgO) sur les sols désaturés de Basse Côte-d'Ivoire (GODEFROY *et al.*, 1976). Les apports se font en incorporation au sol au moment de la préparation du terrain.

Bien que les produits à diffusion lente soient préférés, les quantités utilisées ne suffisent pas toujours à satisfaire les besoins de la plante en magnésium pendant tout le cycle de culture, surtout sur sols pauvres (cf. La plante et le sol : I. 4.1.2). Des compléments peuvent, dans ce cas, être apportés sous forme d'engrais complets contenant du magnésium ou sous forme de pulvérisations de sulfate de magnésie. L'analyse foliaire (cf. Nutrition de la plante : I. 4.1.3) permet d'évaluer l'importance de ces besoins.

Le pH est aussi le facteur prédominant de l'assimilabilité des *oligoéléments*. Les déficiences sont souvent induites par l'absence de contrôle de pH qui peut conduire à un blocage de ces éléments, ou,

à l'inverse, à un épuisement du sol. Sur les sols ferrallitiques de Basse Côte-d'Ivoire, les risques de toxicité aluminique augmentent rapidement lorsque le pH s'abaisse en-dessous de 4,5. Ce n'est pas un cas particulier et des déficiences en oligo-éléments sont alors à craindre notamment en molybdène.

Le chaulage n'a pas toujours un effet aussi bénéfique sur la structure (GODEFROY *et al.*, 1976) que dans les conditions tempérées (diminution de la perméabilité). Sur des sols désaturés, il peut améliorer la rémanence du potassium et du magnésium. Les effets indirects du chaulage paraissent s'effacer assez rapidement sous une pluviosité élevée (MARCHAL, 1980).

Des interventions trop brutales avec des quantités excessives peuvent être la source de déséquilibres importants. Elles conduisent parfois à des accidents végétatifs tels que le « crook-neck » surtout en saison sèche (LACOEUILHE, 1973 e) et à des risques accrus de pourriture à *Phytophthora* en saison pluvieuse (GODEFROY *et al.*, 1976).

Les amendements phosphatés sont à inclure dans le bilan, car ils contiennent du calcium et ont un effet plus ou moins prononcé sur le pH. Les besoins de la plante étant faibles, les apports de phosphore se limitent aux cas où la forme dite assimilable est quasi nulle dans le sol. L'utilisation d'engrais composés en contenant dispense de tout autre apport.

II. 7.4.4. — Oligo-éléments

Le contrôle du pH du sol est un moyen essentiel pour assurer une nutrition correcte en oligo-éléments. Il est plus ou moins facile à réaliser. D'autres phénomènes de blocage peuvent se manifester comme celui du zinc par les phosphates ou des complexes ferroman-ganiques. Des déficiences vraies peuvent par ailleurs exister, selon l'origine géologique des sols.

Des formulations relativement complètes et adaptées à une large gamme de plantes existent et sont souvent utilisées à cause de leur facilité d'emploi. Les apports au sol sont rares, sauf sous forme d'impuretés importantes dans certains amendements.

Les pulvérisations sont les plus fréquentes. Les sels chimiques, formule la moins onéreuse, sont utilisés le plus souvent en solution à 0,5 - 1 %. La présence d'urée dans la solution favorise l'absorption de ces sels. Ils donnent des solutions acides et celles-ci doivent être neutralisées notamment dans le cas de sulfate de cuivre. Le sulfate ferreux, mieux assimilable, doit être protégé de l'oxydation, par addition d'acide citrique (750 g pour 3,500 kg de sulfate de fer à l'hectare). Cet élément migrant peu dans la plante, les pulvérisations doivent être répétées fréquemment (à 4 semaines). Ceci est également vrai, dans une moindre mesure, pour les autres éléments à cause des quantités faibles utilisables à chaque application.

II. 7.5 — MODALITÉS DES APPORTS

II. 7.5.1. — Apports solides

Le fractionnement des apports solides est en général coûteux en l'absence d'outillage adapté. Il demande beaucoup de main-d'œuvre et nécessite des engrais peu concentrés, en général chers à l'unité fertilisante. Dans ce cas, l'emploi d'engrais quaternaires $N-P_2O_5-K_2O-MgO$ est de plus en plus fréquent. Si on estime que la dose minimale pour un apport est de 10 g environ par plant, ces engrais contiennent le plus souvent environ 10 % d'azote. Les autres éléments sont adaptés aux conditions locales de sol et de climat : 8-4-20-4 en Côte-d'Ivoire ; 12-6-24-4 en Martinique par exemple. Les formulations à diffusion lente, en général coûteuses, sont semble-t-il peu utilisées dans la culture de l'ananas.

En saison sèche, le plant d'ananas recueille la rosée et les faibles pluies. Les éléments minéraux sont alors absorbés lentement et progressivement à la base des feuilles. Les engrais non enfouis subissent des pertes en azote non négligeables par volatilisation en l'absence de précipitations. Par contre, en saison des pluies, l'absorption est rapide tant par les feuilles que par les racines. Les pertes sont d'autant plus importantes que les quantités apportées sont élevées. La rapidité et le taux d'absorption des engrais solides dépend largement des conditions climatiques et ne sont pas toujours adaptés aux besoins de la croissance (forte sécheresse, pluies intenses). La sécheresse retarde les effets des apports sur la croissance, ce qui peut gêner la réussite du traitement d'induction florale. Selon les conditions climatiques, le dernier apport solide doit se situer au moins un à deux mois avant l'induction florale.

L'assimilation des engrais solides est tributaire de leur mise en solution. Ils doivent être placés à l'aisselle des vieilles feuilles plus résistantes aux brûlures. Si l'absorption y est plus faible qu'au niveau de feuilles plus jeunes (MARCHAL et PINON, 1980), la mise en solution des éléments y est facile, et les racines aériennes, riches en poils absorbants, compensent largement ce défaut. Chaque apport quand il est réalisé manuellement nécessite environ 5 jours/ha contre 2 si l'engrais est épandu sur le sol de l'interligne.

II. 7.5.2. — Pulvérisations foliaires

Les pulvérisations foliaires sont bien adaptées à la morphologie de l'ananas. Il y a de bonnes raisons de croire que les trichomes (cf. I.3.1.2) jouent un rôle important dans l'absorption foliaire des

éléments dissous (SAKAI et SANDFORD, 1980). Des expériences avec l'azote 15 (MARCHAL et PINON, 1980) ont montré une meilleure absorption de l'azote par la face inférieure de la feuille plus riche en trichomes, et cela d'autant plus que la feuille et ses trichomes sont jeunes.

Les éléments, surtout l'azote, apportés en pulvérisations foliaires sont absorbés rapidement. La fréquence supérieure des apports, plus aisée avec des pulvérisations, permet une alimentation plus régulière de la plante. Le coefficient d'utilisation des engrais est meilleur avec des qualités faibles. L'absorption par les feuilles dépend du volume de la solution et de la surface foliaire. Une partie de la solution tombe sur le sol et est utilisée par les racines de l'ananas... ou des adventices. Elle est d'autant plus importante que les plants sont jeunes et que la pulvérisation est mal localisée sur les plants. Les pulvérisations sont bien adaptées sur les sols pauvres en potassium, soit parce qu'ils sont désaturés, soit parce que la part du potassium dans la capacité d'échange du sol est faible.

Les pulvérisations foliaires impliquent l'utilisation de grands volumes d'eau pour éviter les brûlures du feuillage (photos 146 et 147). Elles sont donc mieux adaptées aux plantations mécanisées (autopulvérisateurs, appareils mobiles à rampes latérales à grand débit) (photo 137) avec des densités de plantations élevées (supérieures à 50.000 plants/ha). Les éléments qui provoquent le plus de brûlures sont ceux qui sont absorbés rapidement, c'est-à-dire essentiellement l'azote. La concentration de la solution ne doit pas dépasser 3 % en urée et 10 % en sulfate d'ammoniaque en période sèche et ensoleillée.

Étant donné que c'est la concentration en sel (et non pas en élément) qui importe, les engrais concentrés comme l'urée sont préférables aux autres formes. MARCHAL et PINON (1980) ont d'ailleurs montré que l'absorption du sulfate d'ammoniaque est inférieure à celle de l'urée. La potasse provoque rarement des brûlures dans la mesure où un rapport correct nécessaire à la qualité du fruit est maintenu avec l'azote. Selon PAGE (1971) l'ananas ne pourrait pas utiliser le potassium absorbé par les feuilles. La potasse en pulvérisations foliaires a cependant un effet important sur le rendement tant quantitatif que qualitatif (PY, LACOEUILHE, MARCHAL).

Les volumes d'eau employés sont donc élevés : 2.500 à 5.000 l/ha. Les quantités d'urée apportées en une fois varient de 50 à 200 kg/ha avec en moyenne le double de sulfate de potasse. La solubilité limitée de ce dernier sel et sa mise en solution difficile, surtout pour des granulométries élevées, imposent l'utilisation de cuves de brassage à poste fixe ou mobile, selon que le temps de transport pour le ravitaillement des appareils de pulvérisation est limitant ou non.

Les pulvérisations foliaires peuvent se faire soit à fréquence



PHOTOS 127, 128 et 129. — 3 vues de la « machine à planter » les couronnes utilisée par une compagnie hawaïenne. Cette machine par ailleurs incorpore au sol des engrais, des nématicides et déroule, si nécessaire, des tuyaux pour l'irrigation « goutte à goutte ».

(Clichés Aubert et Teisson).





PHOTO 130. — Irrigation par batterie de petits asperseurs du type « rain-bird ». (Cliché Py).

PHOTO 131. — Irrigation par arroseur tournant à grand débit - Côte-d'Ivoire. (Cliché Py).



PHOTO 132. — Irrigation par rampe latérale mobile à Hawaï (boomspray reel irrigator).

PHOTO 133. — Application d'herbicide par pulvérisateur centrifuge à piles - U.L.V. (Côte-d'Ivoire). (Cliché Ciba-Geigy).





PHOTO 134. — Appareils de pulvérisation munis d'une rampe latérale portée utilisée habituellement en terrain accidenté - Martinique.
(Cliché Barbier).



PHOTO 135. — Application à « jet dirigé » utilisée pour localiser les herbicides aux interrangées - Côte d'Ivoire.

(Cliché Guyot).



PHOTOS 136 et 137. — Application de préparations mixtes fertilisants-pesticides par autopulvérisateur enjambeur - Côte-d'Ivoire.



PHOTO 138. — Appareils de pulvérisation à grand débit pour applications de préparations mixtes.



PHOTO 139. — Remplissage de l'appareil par un camion-citerne ravitailleur - Martinique.
(Cliché Py).



PHOTOS 140 et 141. — Autopulvérisateurs enjambeurs pour applications mixtes. Côte d'Ivoire.

(Clichés Guyot et Bouffin).



constante et à doses croissantes, soit à des doses constantes et à fréquence croissante. Cette dernière formule n'est pas sans poser des problèmes d'organisation des chantiers lorsque la production est mal répartie au long de l'année (cas de la production de fruits frais en général) ou lorsque la fumure doit être modulée en fonction des saisons. Elle est mieux adaptée à des matériels ne permettant pas l'épandage de volumes élevés (autopulvérisateurs). Le maintien des doses constantes limite les risques d'erreurs entre les parcelles.

Les pulvérisations foliaires sont d'autant mieux adaptées que la couverture du sol par la plante est élevée. Celle-ci est insuffisante pendant les mois qui suivent la mise en terre des rejets. L'utilisation directe par la plante est alors assez faible, mais les besoins sont faibles et le volume de liquide peut être diminué et mieux localisé. Dans les plantations mécanisées, les appareils de pulvérisation et leur maintenance jouent donc un rôle fondamental pour la conduite des exploitations. Ils sont également utilisés pour les applications d'oligo-éléments, de pesticides et d'herbicides. Aussi les pulvérisations à bas ou ultra bas-volume, qui demandent plus de main-d'œuvre, sont en général peu utilisées sur les plantations importantes (cf. Aménagement du terrain : II. 2). La présence assez fréquente de vents dans les zones de production d'ananas offre d'ailleurs trop de risques de dérive des solutions, hormis quelques cas particuliers.

II. 7.6. — FORME ET LOCALISATION DES APPORTS

II. 7.6.1. — Azote

En dehors des considérations pratiques mentionnées plus haut, le *sulfate d'ammoniaque* donne de meilleurs résultats au sol (ou à l'aisselle des feuilles) qu'en pulvérisation. C'est l'inverse pour l'*urée* bien que les différences soient faibles le plus souvent (LACOEUILHE, 1978 a).

La comparaison de ces deux sels avec les mêmes doses et les mêmes rythmes d'apport est en général en faveur du sulfate d'ammoniaque. Cette supériorité pourrait être due à l'ion sulfate (PY, 1962 a) bien que des quantités importantes en soient apportées avec la potasse. La compréhension de ce résultat est d'autant moins facile que l'absorption de l'azote du sulfate d'ammoniaque est inférieure à celle de l'urée quelle qu'en soit la localisation (MARCHAL et PINON, 1980). Apportée au sol, l'urée peut subir des pertes par volatilisation de l'azote. Quant au biuret, la fabrication des engrais est suffisamment réglementée désormais pour que sa phytotoxicité soit faible.

II.7.6.2. — Potasse

Pour le potassium, la supériorité du sulfate sur le chlorure est en général admise (SIDERIS et YOUNG, 1954 ; PY *et al.*, 1956 ; SAMUELS et GANDIA DIAZ, 1960 ; MARTIN-PREVEL *et al.*, 1967 ; LACOEUILHE, 1978 a). Elle est parfois mise en question (DALLDORF et LANGENEGGER, 1976) surtout lorsque les doses de potasse utilisées sont relativement faibles.

L'ion chlore a un effet dépressif sur le poids du fruit et sur l'extrait sec (MARCHAL *et al.*, 1980), notamment sur les jeunes plants. La teneur en Cl de la feuille D entière doit être inférieure à 1,7 % m.s. Par contre, le chlorure augmente l'acidité du fruit. Cette qualité, jointe à sa solubilité supérieure et à son coût plus modéré, peut justifier l'emploi du chlorure de potasse à l'approche de l'induction florale lorsque les fruits manquent d'acidité (1/4 à 1/3 de la dose totale de K) sans effet dépressif sur le poids du fruit.

Si le chlorure peut permettre une meilleure valorisation de la potasse dans certaines conditions comme en Afrique du Sud (Anonyme, 1977 a) son emploi ne peut pas être conseillé d'une façon générale.

II.7.6.3. — Autres éléments

Les autres engrais apportant P, Ca, Mg en amendements avant plantation doivent essentiellement éviter les formes acidifiantes. Ce sont souvent le coût et la disponibilité qui sont les facteurs décisifs.

Dans les engrais complets utilisés pour apporter un complément de magnésium, cet élément est en général sous forme de sulfate double de potasse et de magnésie.

II.7.7. — CAS PARTICULIER DE LA COUVERTURE DU SOL PAR UN FILM DE POLYÉTHYLÈNE

La couverture du sol a des effets multiples sur la croissance et le rendement. Son action sur la nutrition de la plante est importante.

L'humidité du sol est plus régulière et les éléments minéraux sont plus facilement assimilables. L'humidité du sol, sa température et sa structure, protégées de l'action dégradante des pluies, améliorent le développement et l'activité racinaire. Le sol peut ainsi être mieux exploité par la plante, à condition que les parasites racinaires, également favorisés, soient bien contrôlés.

La lixiviation des éléments minéraux et des pesticides est ralentie. On peut donc apporter au sol, avant la plantation, une partie au moins de la fumure N-K qui doit être mélangée à la terre du billon.

Cet enrichissement initial du sol limite partiellement le développement racinaire et ceci peut être un inconvénient sur les sols pauvres (LACOEUILHE, 1979 b).

Après 6 à 8 mois environ, la rémanence des engrais dans la zone racinaire est insuffisante, par rapport aux besoins de la plante qui deviennent importants à ce stade (GODEFROY et LACOEUILHE, 1979). L'augmentation des doses utilisées améliore peu la durée de cette rémanence (LACOEUILHE, 1980). La totalité de la fumure N-K peut donc difficilement être mise sous polyéthylène, pour obtenir des fruits de 1,8 à 2 kg sans couronne. Selon le sol, sa richesse chimique et sa sensibilité à l'acidification, la pluviosité, la longueur du cycle, le rendement escompté, il est possible d'utiliser cette technique pour une fraction plus ou moins importante des engrais N-K. Sur des sols relativement pauvres, c'est le plus souvent le tiers de la dose totale (parfois 50 % de la potasse) qui est apporté de cette façon.

Le complément peut être apporté sous forme solide, à condition d'être bien localisé à l'aisselle des feuilles et à la base des plants. Les pulvérisations doivent être limitées aux feuilles car la solution tombant sur le polyéthylène ne peut être utilisée. Les quantités de liquide ne doivent donc pas être excessives. Quoiqu'il en soit, l'efficacité de ces fumures en cours de végétation est analogue à ce qu'elle peut être en l'absence de polyéthylène.

Ces problèmes ne se posent évidemment pas lorsque l'azote, la potasse et éventuellement le magnésium sont intégrés dans l'irrigation par goutte à goutte (cf. Irrigation : II. 8).

II. 7.8. — FACTEURS LIMITANTS

La rentabilité de la fumure suppose l'absence de facteurs limitants autres que nutritionnels. Cette condition est plus importante que la forme et la localisation des engrais. Le contrôle du parasitisme racinaire et des adventices est un préalable indispensable. La courbe de réponse à des doses croissantes d'engrais est plus « haute » (Fig. 68) quand les nématodes sont combattus efficacement dans une situation favorable à leur développement (cf. Contrôle des parasites racinaires : II. 5, II. 9.8 et II. 9.9). L'alimentation hydrique (déficit, excès) est une condition essentielle à une bonne utilisation de la fumure par la plante (cf. Symptôme de déficience : I. 4.1.3.2 ; Physique du sol : I. 4.1.2 ; Croissance racinaire : I. 3.3.2, de la biologie à la phytotechnie).

La fertilisation ne peut donc pas se limiter étroitement à la détermination des doses d'éléments majeurs et à la correction des carences, souvent induites, en éléments mineurs. C'est tout un ensemble de

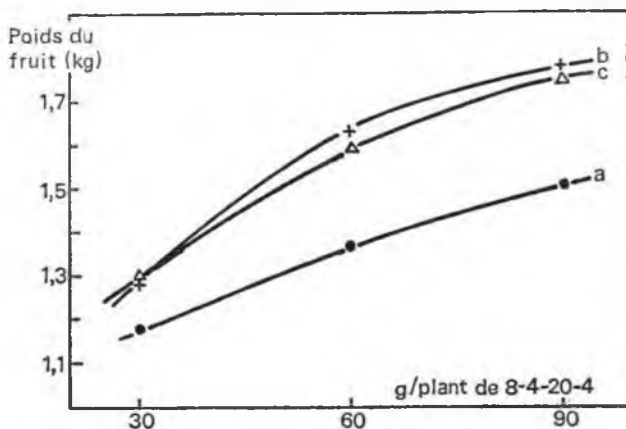


FIG. 68. — Influence du traitement nématicide sur la réponse à des doses croissantes d'engrais : 8 N-4P₂O₅-20K₂O-4MgO (LACOEUILHE, 1978).

a : pas de nématicide.

b : DBCP : 15 l/ha à plantation + 7,5 l/ha 4 mois après.

c : DBCP : 22,5 l/ha à plantation + 11,25 l/ha 4 mois après + 11,25 l/ha à l'induction florale.

1 Nitrate d'ammoniaque

+	2	Phosphate d'ammoniaque											
+	+	3 Sulfate d'ammoniaque											
+	+	+	4 Borax										
+	-	-	-	5 Nitrate de calcium									
+	-	+	-	-	6 Sulfate de fer								
+	+	+	+	-	+	7 Sulfate de magnésium							
+	+	+	+	+	+	+	8 Nitrate de potasse						
+	+	+	+	-	+	+	+	9 Sulfate de potasse					
+	+	+	+	+	+	+	+	+	10 Urée				
+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	11 Sulfate de zinc			
+	?	?	+	-	-	?	?	?	?	-	12 ANA (sel de soude de l'acide alpha naphtylacétique)		
?	?	?	+	-	-	?	?	?	?	-	+	13 BOH (Béta hydroxy éthyl hydrazine)	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	14 Ethéphon

FIG. 69. — Compatibilité des produits utilisés dans les pulvérisations foliaires (Anonyme, 1977).

+ compatible

- non compatible

? compatible chimiquement mais non vérifié agronomiquement.

(D'après WASMANN).

pratiques qu'il faut promouvoir pour atteindre la productivité et la rentabilité.

II. 7.9. — EXEMPLES DE DOSES ET DE DISTRIBUTION

Les quantités d'éléments appliqués par plant varient naturellement dans de larges proportions d'une région de production à l'autre comme l'attestent les chiffres suivants correspondant à un poids moyen de fruit de 1,8 à 2,0 kg :

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Afrique Occidentale (g/plant).	8 à 10	0 à 0,5 N	1 à 2,5 N	0 à 0,25 K ₂ O
Martinique (g/plant)	10 à 12	0 à 0,5 N	1,5 à 2 N	0 à 0,3 K ₂ O
Australie (kg/ha)	< 600	< 225	> 1 400	< 525
Afrique du Sud (kg/ha)	350 à 450	0 à 70	0 à 350	

Les tableaux 42, 43 et 44 donnent à titre d'exemple quelques programmes types de fumure utilisés en Côte-d'Ivoire sur sol désaturé et où les saisons sont peu marquées, en Australie, où elles sont par contre très marquées, et en Martinique qui se place à cet égard dans une position intermédiaire.

TABLEAU 42

Fumure utilisée en Côte-d'Ivoire
pour l'exportation du fruit frais en plantation de cayeux
(60 à 70.000 plants/ha)
(sol ferrallitique désaturé)

Calendrier des pulvérisations de N et K à doses égales
(dates exprimées en semaines après la plantation)

Longueur du cycle plantation-récolte	11,5	12,5	13,5	14,5
Pulvérisation n° 1	5	6	6	6
" n° 2	9	11	11	11
" n° 3	13	15	16	15
" n° 4	16	19	20	19
" n° 5	19	23	24	23
" n° 6	22	26	27	27
" n° 7	24	28	30	31
" n° 8			32	34
" n° 9				36
Induction florale	26	30	34	38

N.B. : 1. En période de fortes pluies (mai-juin) les pulvérisations sont remplacées par des apports solides (0,7 g N + 1,75 g K₂O par plant et par apport).

2. Pour élever l'acidité des fruits récoltés de février à mai, le sulfate de potasse est remplacé par du chlorure (même dose totale) dans les trois dernières pulvérisations.

Quantités totales par cycle (g/plant)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
4	1 à 2	10	4 à 7	2 à 3

N.B. : 1. P₂O₅, CaO et MgO sont apportés en amendement du sol avant la plantation.

1. Une partie de l'azote et de la potasse (1 g N et 2,5 g K₂O par plant) est mélangée à la terre du billon lorsque le sol est recouvert de polyéthylène.

TABLEAU 43

**Fumure utilisée en Martinique -
Fruits « usine » en plantation de couronnes
(60.000 plants/ha) de basse altitude
(sol issu de ponces volcaniques)**

Mois	Localisation	Quantité (kg/ha) de produits
1	sol	1.200 kg dolomie 400 kg hyperphosphate 1 cycle sur 2
1	feuilles	50 kg urée + 50 kg sulfate potasse
2	"	50 kg " + 50 kg " "
3	"	50 kg " + 75 kg " "
	sol	1.200 kg engrais 12.4.24.4
4	feuilles	50 kg urée + 75 kg sulfate potasse
5	"	75 kg " + 100 kg " "
6	"	75 kg " + 150 kg " "
7	"	100 kg " + 150 kg " "
	aisselle	1.200 kg engrais 12.4.24.4
8	feuilles	125 kg urée + 200 kg sulfate potasse
9	"	125 kg " + 200 kg " "
10,5	1ère induction florale	
15,5-16	1ère récolte	
17	feuilles	150 kg urée + 200 kg sulfate potasse
18	"	150 kg " + 200 kg " "
19	"	150 kg " + 200 kg " "
20	"	150 kg " + 200 kg " "
21	"	150 kg " + 200 kg " "
22	"	150 kg " + 200 kg " "
23	2ème induction florale	
28-28,5	2ème récolte	

Ce schéma standard est modulé en fonction des variations saisonnières et des rythmes de croissance (saison sèche de janvier à avril, croissance ralentie de novembre à mars).

Quantités totales (g/plant)

	Amendement	1ère récolte	2ème récolte
N		10,15	6,9
P ₂ O ₅	2,0	1,6	
K ₂ O		18,35	10,0
CaO	9,7		
MgO	4,0	1,6	

TABLEAU 44

**Programme de fumure préconisé en Australie,
modulé en fonction des saisons
sur sols beaucoup plus riches en bases que les sols de Côte-d'Ivoire
(d'après GLENNIE J., 1980)**

PLANTATIONS D'ETE									PLANTATIONS D'HIVER								
Mois de l'intervention	Intervention	Eau (litres /ha)	Urée kg/ha	Phosphore	Sulfate de potasse	Sulfate de magnésium	Calcium	Oligo-éléments	Interventions	Eau (litres /ha)	Urée kg/ha	Phosphore	Sulfate de potasse	Sulfate de magnésium	Calcium	Oligo-éléments	
-1 Fév.	Fumure de fond en éléments :			0 à 89,6	0 à 336,9	0 à 224,2	0 à 336,2	6,7 de Cu									
0 Mars	Plantation	672	33,6														
+1 Avril	Pulvérisation	672	33,6														
2 Mai	"	672	33,6														
3 Juin																	
4 Juillet																	
5 Août																	
6 Sept.	"	2 242	56,0						Fumure de fond en éléments :	112,0	0 à 89,6	0 à 336,9	0 à 224,2	0 à 336,2	6,7 de Cu		
7 Oct.	"	2 242	56,0		33,6	6,7		11,2 de sulfate de zinc	Plantation	672	33,6						
8 Nov.	"	2 242	67,2		44,8	11,2		11,2 de sulfate de zinc	Pulvérisation	672	33,6					11,2 de sulfate de zinc	
4 Déc.	"	4 484	89,6		56,0	13,4		11,2 de sulfate de fer	"	2 242	67,2		44,8	11,2		11,2 de sulfate de fer	
10 Janvier	"	4 484	134,5		67,2	16,8		11,2 de sulfate de fer	"	2 242	89,6		44,8	11,2		11,2 de sulfate de zinc	
11 Fév.	"	4 484	179,3		89,6	22,4			"	2 242	134,5		67,2	16,8			
12 Mars	"	4 484	179,3		89,6	22,4			"	4 484	179,3		67,2	16,8			
13 Avril	"	4 484	134,5		67,2	16,8			"	4 484	134,5		67,2	16,8			
14 Mai	Induction florale →	672	67,2					11,2 de borax	"	4 484	134,5		67,2	16,8			
15 Juin									"	672	67,2						
16 Juillet									"	672	67,2						
17 Août									"	672	67,2		89,6	22,4		11,2 de borax	
18 Sept.	Totaux en cours de végétation (1ère récolte)		1064,4		448,4	109,7			"	4 484	134,5		89,6	22,4			
19 Oct.	soit en éléments		487,6		190,5	10,0		3,3 de zinc	Induction florale →							3,3 de fer	
20 Nov.																	
21 Déc.																	
22 Janv.									Totaux en cours de végétation (1ère récolte)	941,2			470,8	117,6			
23 Fév.	1ère Récolte								soit en éléments	431,5			196,0	11,2		3,3 de zinc	
24 Mars	Pulvérisation	2 242	67,2		89,6	22,4		11,2 de sulfate de zinc								3,3 de fer	
25 Avril	"	2 242	89,6		89,6	22,4											
26 Mai	"	2 242	56,0		89,6	22,4			1ère Récolte								
27 Juin	"	672	33,6														
28 Juillet	"																
29 Août	"	672	33,6						Pulvérisation	672	33,6						
30 Sept.	"	672	67,2		89,6	22,4		11,2 de borax	"	2 242	33,6		44,8	11,2		11,2 de sulfate de zinc	
31 Oct.	Induction florale →								"	2 242	89,6		89,6	22,4			
32 Nov.									"	2 242	112,0		89,6	22,4			
33 Déc.									"	2 242	119,0		89,6	22,4		11,2 de borax	
34 Janv.	Totaux en cours de végétation (2ème récolte)		344,2		358,4	89,6			Induction florale →								
35 Fév.	soit en éléments		162,5		151,3	7,8		3,3 de zinc									
36 Mars									Totaux en cours de végétation (2ème récolte)	380,8			313,6	78,4			
37 Avril	2ème Récolte								soit en éléments	174,0			134,5	6,7		3,3 de zinc	
38 Mai																Bo	
39 Juin																	
40 Juillet																	
41 Août	Totaux en éléments	650,1	0		341,8	17,8	0	6,7 de Cu	2ème Récolte								
42 Sept.	à							8,9 de Zn									
43 Oct.	1e et 2e récolte		89,6		670,7	232,0	336,2	3,3 de Fe									
44 Nov.								Bo									
45 Déc.									Totaux en éléments	717,5	0		330	17,9	0	6,7 de Cu	
									(1e et 2e récolte)	89,6	89,6	667,4	242,1	336,2		8,9 de Zn	
																3,3 de Fe	
																Bo	

Légende : Période de ralentissement d'activité

II. 8. — IRRIGATION

(Données de base pour satisfaire les besoins en eau)

II. 8.1. — LES DONNÉES DU PROBLÈME - GESTION AGRONOMIQUE DE L'EAU

Les besoins en eau de l'ananas sont relativement faibles par rapport à d'autres plantes (cf. Écologie : I. 4.1.1.1.2). L'irrigation est encore relativement peu utilisée pour cette culture, bien que l'alimentation en eau soit un facteur essentiel de la productivité (cf. I. 5).

L'adaptation de l'ananas à la sécheresse correspond à des caractères morphologiques (cf. Botanique : I. 3) et physiologiques (cf. Métabolisme carboné : I. 3.2) qui s'organisent autour d'une grande sensibilité au déficit hydrique du sol. La couche de sol explorée par les racines est relativement superficielle (cf. Croissance des racines : I. 3.3.2). Elle subit des variations fréquentes et importantes qui augmentent les conséquences de cette sensibilité.

L'excès d'eau comme la dessiccation du sol sont en effet néfaste au fonctionnement racinaire. L'humidité optimale du sol est voisine de la capacité au champ et se situe dans une fourchette relativement étroite. Celle-ci, fonction de la nature du sol, est d'autant plus difficile à maintenir dans la couche superficielle que le sol est moins couvert (cf. I. 5).

L'irrigation se justifie pour valoriser :

- des zones où la pluviosité est insuffisante pendant plusieurs mois consécutifs,
- un potentiel climatique (rayonnement global) conduisant à un métabolisme crassulacéen intermédiaire, accru par le déficit hydrique,
- la disponibilité des éléments minéraux du sol (cf. Symptômes de déficiences minérales : I. 4.1.3.2).

Mal conduite, l'irrigation peut avoir des conséquences néfastes (excès d'eau, lixiviation des éléments minéraux et des pesticides, structure du sol, discontinuité de l'alimentation hydrique) sur la croissance et le rendement quantitatif et qualitatif.

La réalisation pratique des conditions optimales pour la croissance et le rendement est donc assez délicate ; mais elle se situe à plusieurs niveaux qui ne conduisent pas obligatoirement à l'utilisation de l'irrigation. Il est possible en premier lieu d'améliorer l'économie de l'eau par certaines pratiques culturales dont l'importance a été mise en évidence pour rentabiliser la fertilisation.

Elles consistent à :

- augmenter la capacité de la plante à profiter de l'eau du sol. La préparation du sol et l'aménagement du terrain jouent un rôle essentiel sur la profondeur d'enracinement. Le contrôle de l'état sanitaire des racines est évidemment prépondérant ;

- conserver le stock d'eau du sol par la lutte (chimique, mécanique) contre les mauvaises herbes et l'utilisation de densités de plantation permettant d'assurer une couverture du sol suffisamment rapide pour limiter l'évaporation. Par le jeu des dates de plantation, du matériel végétal utilisé et de la longueur des cycles, on peut limiter les effets d'une saison sèche relativement courte, d'autant plus dangereuse pendant les mois qui suivent la mise en terre.

II. 82. — UTILISATION DE LA COUVERTURE DU SOL (photo 123)

La couverture du sol par un mulch artificiel est employée depuis de nombreuses années, notamment aux Hawaï. Le matériau utilisé a varié au cours de l'évolution technologique. Actuellement, c'est le film de polyéthylène noir de 0,03 à 0,05 mm d'épaisseur qui est le plus employé ; produit dérivé du pétrole, son coût a considérablement augmenté au cours des années 70 : il peut être estimé à environ 3 t/ha d'engrais (Martinique, 1980). Il est en général posé mécaniquement en même temps que le billonnage et les opérations qui lui sont éventuellement adjointes. La pose peut être manuelle (environ 10 journées/ha) dans les zones trop accidentées ou lorsque la main-d'œuvre est peu rémunérée.

Il limite considérablement les pertes d'eau du sol par évaporation, notamment au cours des premiers mois, lorsque le taux de couverture par la plante est encore faible. A condition d'être posé sur un sol initialement humide, il maintient de bonnes conditions pour l'émission des premières racines. La reprise des rejets est plus rapide et plus homogène.

La couverture partielle du sol peut ralentir le ressuyage après les pluies si le drainage est insuffisant. Le travail du sol en profondeur, surtout s'il est lourd, l'absence de semelles de labour et l'utilisation de billons, par ailleurs utiles pour le bordage du film, sont très souvent indispensables.

Sous le film, la réhumidification du sol après les pluies est :

- plus irrégulière : l'eau qui pénètre à la base des plants dépend de la surface foliaire qui recueille les pluies et des possibilités d'infiltration dans le trou du film ;

- plus lente : l'eau remonte parfois de la profondeur par capillarité et diffuse latéralement. La granulométrie du sol influence l'intensité et la rapidité du phénomène ;

- plus faible : 35 à 50 % de l'eau ne pénètrent pas dans le billon au cours des 3 premiers mois (COMBRES, 1982).

Le film de polyéthylène diminue le gradient d'humidité en surface. Il y a même souvent une condensation de l'eau à son contact. Il diminue les variations journalières de l'humidité. Il en est de même pour la température ; les pertes par rayonnement sont limitées, comme celles dues à l'évaporation. Par ailleurs, l'effet « parapluie » protège la structure du sol et limite la lixiviation des éléments minéraux et des pesticides. Le milieu racinaire est plus constant à court et à moyen terme. Il est plus favorable à la croissance racinaire. Les racines ont un diamètre supérieur et sont plus riches en poils absorbants (PINON et PENEL, 1981) (cf. I. 4.1.2).

Le polyéthylène présente cependant certains inconvénients (cf. II. 5.2) ; mais il a le plus souvent un effet globalement positif sur la croissance et le rendement. Étant donné son coût élevé, son emploi se justifie surtout, en l'absence d'irrigation, dans des conditions hydriques modérément défavorables (conditions de l'année 1982).

II. 8.3. — IRRIGATION PAR ASPERSION (photos 130, 131 et 132)

Si la réserve initiale du sol est insuffisante, une irrigation de 30 à 40 mm est indispensable avant la pose du polyéthylène. Dans ces conditions, il faut nécessairement coordonner au mieux les différentes opérations à réaliser à partir du billonnage. Ceci peut poser parfois quelques problèmes et on peut préférer irriguer plusieurs fois après la mise en terre.

D'une façon plus générale, le polyéthylène complète l'irrigation par aspersion (cf. plus haut). L'économie d'eau n'est pas négligeable (60 à 70 mm soit 600 à 700 m³/ha dans le centre de la Côte-d'Ivoire, selon COMBRES). La fréquence des irrigations peut être augmentée et ne nécessite pas autant de rigueur. Il en résulte une plus grande souplesse dans la réalisation des programmes et bien souvent une réussite supérieure (cf. I. 4.1.2).

La réalisation optimale de l'irrigation est en effet assez délicate. Une phase cruciale correspond à la « reprise » des plants et à l'émission des premières racines. Le maintien d'une humidité suffisante à

la base des plants (0 à 5 cm) est plus difficile en l'absence de polyéthylène et nécessite des irrigations fréquentes (une par semaine) et abondantes (3 à 4 mm/jour) (COBRES, 1982). Cette période couvre un à deux mois.

Au cours de la phase suivante, les plants couvrent progressivement le sol. Pour maintenir une humidité suffisante dans la zone prospectée par les racines, le polyéthylène est là aussi un atout important. On estime qu'il réduit d'au moins 50 % les quantités d'eau à apporter (environ 2 mm/jour dans le centre de la Côte-d'Ivoire selon COMBRES). Si le sol est nu, la fréquence des apports doit être hebdomadaire.

Lorsque la plante couvre suffisamment le sol, ses besoins sont maximum et sensiblement identiques avec ou sans polyéthylène. La croissance est active. Les besoins sont de l'ordre de 65 % de l'ETP gazon. (Si on ne dispose que de la référence du bac classe A, c'est habituellement un pourcentage légèrement inférieur qui peut être retenu, il est de toute façon toujours préférable de faire appel à des formules basées sur le rayonnement car, du fait de sa résistance stomatique, l'ananas est peu sensible au déficit de la saturation de l'air). La fréquence des apports est influencée par la réserve du sol. L'utilisation de tensiomètres placés à 15 cm de profondeur permet de déclencher l'irrigation au seuil de 15 centibars. En pratique, la fréquence peut varier de 7 à 20 jours. Cette phase se termine avec la fin de la croissance foliaire, soit approximativement lors de l'apparition des fleurs.

Pendant la phase de fructification, la satisfaction des besoins en eau permet au plant d'exprimer son potentiel photosynthétique. Il peut en résulter un accroissement sensible du rendement (300 à 700 g par fruit selon COMBRES dans le centre de la Côte-d'Ivoire). L'irrigation à ce stade est très rentable mais présente des dangers importants (cf. Qualité du fruit : I. 4.1.4) si elle est mal conduite. La régularité des apports est très importante, pour fournir environ 50 % de l'ETP gazon. Si la réserve du sol a été bien maintenue, il est préférable d'arrêter l'irrigation 8 à 15 jours avant la récolte pour améliorer la « tenue » du fruit. Elle peut reprendre ensuite sur les mêmes bases pour assurer la croissance des rejets, si cela est nécessaire.

En fonction de ces données, les besoins en eau de l'exploitation peuvent être évalués parcelle par parcelle sur la base du programme des plantations et confrontés aux disponibilités locales.

Il est intéressant de noter qu'étant donné la présence d'un important tissu aquifère dans les feuilles (I. 3.1.2) l'état hydrique de la plante peut être, pour un praticien averti, estimé par l'épaisseur de ce tissu observable aisément avec une coupe transversale à mi-longueur de la feuille D ; ce qui permet dans une certaine mesure un « pilotage » des apports d'eau.

TABLEAU 45

**Débit des asperseurs en fonction des caractéristiques du sol
et de la pente du terrain (COMBRES, 1979 f)**

Sol	Pente faible à nulle	Pente supérieure à 5 %
Argileux	5 à 6 mm/h	3 à 4 mm/h
Sablo-limoneux	8 à 12 mm/h	6 à 8 mm/h
Sableux	15 à 18 mm/h	10 à 12 mm/h
Très sableux	20 à 30 mm/h	15 à 20 mm/h

TABLEAU 46

**Caractéristiques d'utilisation des principaux matériels d'aspersion
(d'après COMBRES, 1982)**

Petits asperseurs mobiles - Quadrillage 12 × 12 m ou 18 × 18 m (photo 130)	<ul style="list-style-type: none"> - irrigation homogène - utilise pression moyenne (3,5 bars) - intéressant sur fruits - besoin élevé en main-d'œuvre (7 journées/hectare et par mois de saison sèche pour 2 mm/semaine) - adapté aux petites surfaces - mais fragilité importante
Canons à portée de 40 à 50 m	<ul style="list-style-type: none"> - homogénéité très variable suivant le type de matériel et d'une façon générale assez médiocre - utilisable avant plantation et sur jeunes plants mais risques d'ensablement du cœur) - nécessite pression élevée
Canons à enrouleurs	<ul style="list-style-type: none"> - irrigation homogène - nécessite pression élevée - automaticité (fonctionnement de nuit) - terrain plat - fragilité du tuyau flexible
Asperseurs géants de divers type (pivot...) (photo 131)	<ul style="list-style-type: none"> - irrigation hétérogène - réglage délicat des asperseurs - entretien délicat - nécessite pression élevée - s'accommode de terrains modérément accidentés
Rampes latérales mobiles (boom spray real irrigator) (photo 132)	<ul style="list-style-type: none"> - irrigation très homogène - utilise infrastructure routière des plantations d'ananas - alimentation par tuyau souple - possibilité de traitements : 18 ha/24 h avec 3 équipes de 3 hommes (Hawaï, TEISSON)

La gamme du matériel d'aspersion disponible est suffisamment étendue pour que la solution la mieux adaptée aux conditions de l'exploitation puisse être trouvée (Tableaux 45 et 46). Parmi les critères à prendre en compte, on peut citer : l'importance des investissements, la surface à traiter, la topographie, les vents, la main-d'œuvre, la pression de l'eau, la nature du sol, etc.

II. 8.4. — IRRIGATION LOCALISÉE

La technique du goutte à goutte est bien adaptée lorsque :

- le déficit hydrique est important,
- les disponibilités en eau sont limitées,
- le coût de l'eau est élevé,
- la rémunération de la main-d'œuvre est forte,
- la technicité de la plantation est élevée.

Elle nécessite des investissements importants : à raison d'un tuyau par rangée de plants, environ 8 000 m sont nécessaires pour alimenter 55 à 60 000 plants à l'hectare. L'humidification du sol en bulbes sous les gicleurs est d'autre part peu adaptée à une plante à enracinement superficiel. Cet inconvénient n'existe pas si on utilise simultanément, comme à Hawaï, une couverture du sol.

On cumule alors plusieurs avantages. Ce système est très largement adapté aux besoins de l'ananas et donne des résultats excellents. Son coût est bien entendu élevé et la rentabilité économique suppose :

- l'incorporation régulière des engrais et pesticides à l'eau pour éliminer tout facteur limitant et réduire les frais de mécanisation,
- la réalisation de deux, ou mieux trois, récoltes successives.

Les inconvénients ne sont pas négligeables : filtration de l'eau, régulation des débits avec la pente du terrain, nids de fourmis...

Les tuyaux, en général du type « bi-wall », sont déroulés et posés en même temps que le film de polyéthylène. Les doses d'irrigation utilisées aux Hawaï seraient constantes et voisines de 7 mm/semaine (TEISSON, 1979 f).

D'autres systèmes de localisation (rampes perforées, microjets) sont moins bien adaptés à l'ananas.

L'irrigation à la rigole n'est guère possible que sur des surfaces limitées. A condition d'être suffisamment fréquente, cette technique est bonne pour entretenir la réserve en eau à proximité du système racinaire. Les billons doivent avoir une hauteur permettant d'éviter les inconvénients de l'excès d'eau. Mais la rentabilisation de l'eau n'est probablement pas optimale.

II. 8.5. — ALIMENTATION EN EAU ET PRODUCTIVITÉ

L'adaptation de l'ananas à la sécheresse a longtemps permis sa culture sans irrigation. Une certaine maîtrise agronomique permet de limiter d'autant mieux les effets d'une sécheresse qu'elle est moins prononcée.

Cependant, avec les progrès enregistrés sur cette culture, l'importance de l'alimentation en eau apparaît de plus en plus. L'amélioration du contrôle des principaux facteurs limitants ne peut être totalement valorisée si la plante n'a pas le fonctionnement métabolique le plus productif.

Au niveau technique actuellement atteint par cette culture, on peut penser que le contrôle de l'ensemble des facteurs permettant d'optimiser l'alimentation hydrique de la plante est l'un des éléments les plus susceptibles de faire progresser encore la productivité. Il est bien évident cependant que ces progrès supposent une technicité élevée, sans laquelle d'autres facteurs limitants que l'eau compromettent gravement la rentabilisation de l'irrigation.

2

II. 9. — PROTECTION PHYTOSANITAIRE

Dans la première partie de l'ouvrage du chapitre Écologie, un volet est consacré à l'étude des rapports entre la plante et le milieu biologique (cf. I. 4.2, p. 179-224), il comprend donc l'étude des *maladies* et des *pathogènes* responsables de celles-ci, des affections dues aux *ravageurs*, et aborde le problème des *adventices*. Aux *données de base* présentées font suite un inventaire des approches envisageables pour contrôler les différents types d'affection.

Le présent chapitre de la Protection Phytosanitaire se propose d'être le *prolongement pratique* de ce 2^e volet de l'Écologie en présentant les différentes techniques de lutte le plus souvent, encore actuellement, basées sur l'emploi de pesticides chimiques.

Il propose des techniques d'application ; des doses et modalités d'emploi des principaux produits les plus utilisés au moment de la rédaction de l'ouvrage ou en expérimentation à cette date. Les *principales caractéristiques* de chacun d'eux ainsi que l'ensemble des données spécifiques les concernant sont présentés sous forme de *tableaux synoptiques* qui *inévitavelmente vieilliront très vite* étant donné la « *découverte* » chaque année de nouvelles molécules actives à l'égard des divers « *parasites* » (pris au sens le plus large) à contrôler.

Le praticien devra se charger de les « *actualiser* » au fil des années en se maintenant au courant des progrès des Stations de Recherche.

Étant donné que la deuxième partie de l'ouvrage aborde les différentes étapes chronologiques par lesquelles passe toute plantation d'ananas, on n'a pas attendu le présent chapitre pour évoquer certaines techniques de lutte spécifique devant prendre place en particulier au moment de la préparation du terrain.

Pour chacun des parasites on a eu soin de rappeler en tête de ligne les renvois concernant les *Données de Base* exposées donc dans la première partie du livre.

II.9.1. — LUTTE CONTRE LES DIVERS TYPES DE MALADIES ASSOCIÉES A DES PHYTOPHTHORA spp.

« Pourriture des racines », « pourriture du cœur »
(« Root rot », « heart rot », « top rot », « green fruit rot »)

Données de base (cf. I.4.2.1.1.1, p. 180-188)

Les approches bio-écologiques de lutte ont pour but d'améliorer le drainage (cf. I.4.2.1.1.1) ou de diminuer le pH des sols, et d'éviter de planter les types de rejets les plus exposés à cette maladie (cou-ronnes et cayeux stockés) pendant les périodes les plus pluvieuses (cf. II.5 et II.6).

Dans le cas particulier où on cherche à prévenir une pourriture après induction florale liée à l'utilisation d'un produit alcalinisant la solution du cœur de la rosette, il est conseillé... de faire appel à un autre type de produit non alcalinisant (cf. II.10).

La lutte chimique *doit être préventive*, elle fait appel à deux types de produits : des produits de contact et des produits systé-miques.

MEHRLICH (1934) a montré le premier qu'un trempage avant plan-tation des rejets dans une bouillie bordelaise concentrée (4 %) appor-tait une certaine protection. Mais les produits à base de cuivre ont une phytotoxicité marquée, aiguë ou chronique pour l'ananas (FROS-SARD, 1967). La recherche de produits efficaces et sans phytotoxicité a permis de retenir le Captafol actuellement recommandé dans tous les pays producteurs (PEGG, 1969 ; KEETCH, 1977 a ; FROSSARD, 1967). D'au-tres fongicides de contact (Captane, Manèbe, etc...) peuvent lui être substitués), moins efficaces ils doivent être appliqués à des doses plus élevées.

Parmi les fongicides systémiques spécifiques des *Phytophthora* spp., seuls le Phosethyl Al et le Metalaxyl se sont révélés très effi-caces sur ananas (FROSSARD, 1978 a, 1979 ; ALLEN, PEGG *et al.*, 1980 ; SCHENK et ROHRBACH, 1982). Le premier se caractérise par une très grande rémanence (deux à trois mois) le second est moins rémanent mais est très efficace même à faible concentration.

Le tableau 47 donne les principales caractéristiques, les doses d'emploi avec leur durée approximative d'efficacité (dont dépendra entre autres le renouvellement éventuel des applications) et les moda-lités d'utilisation des principaux produits actuellement offerts sur le marché. Si on veut lutter efficacement contre la pourriture des racines

TABLEAU 47

**Principaux fongicides actuellement utilisés
ou à l'étude contre les Phytophthora.
Caractéristiques et modalités d'application**

NOM COMMUN		GROUPE D'APPARTENANCE	SOLUBILITE EN EAU	TOXICITE DL 50 pour le rat en ingestion mg/kg	DOSES D'UTILISATION en kg/ha de M.A. en application localisée à la rangée d'ananas quel que soit le volume de liquide utilisé	DUREE D'EFFICACITE	MODES D'UTILISATION (Volumes de liquide appliqué/ha)
FONGICIDES DE CONTACT	Captafol	Phtalimides	insoluble (1,4 ppm) instable en milieu alcalin	5 000 à 6 200	6	environ 3-4 semaines	<u>Sur matériel végétal de plantation</u> - trempage dans solutions (+ 4000 à 6000 l/ha) - application d'une solution juste après mise en place des rejets - 500 à 1000 l/ha en application manuelle ponctuelle (donc très localisée) - 2000 à 3000 l/ha en pulvérisation localisée sur la rangée d'ananas - 4000 à 6000 l/ha en pulvérisation sur l'ensemble de la surface (dans ce dernier cas on doit appliquer une dose double de m. a./ha)
	Captane	"	insoluble (0,5 ppm) instable en milieu alcalin	9 000	12	"	
	Manèbe	Dithiocarbamate	peu soluble, instable en milieu acide	6 750	12	"	
	Zinèbe	"	insoluble (10 ppm)	> 5.200	10	"	
	Mancozèbe	"	pratiquement insoluble, instable en milieu acide	8 000	12	"	
	Oxychlorure de cuivre	"			10-12 (phytotoxicité marquée)	"	
FONGICIDES SYSTEMIQUES	Ethylphosphite d'aluminium (Phosethyl Al)	Mono éthylphosphite métallique	12 000 ppm	6 340	5 à 6	+ 8 semaines	<u>En cours de végétation</u> cf. ci-dessus
	Métalaxyl	Acylalanine	7 100 ppm	3 500	0,5 à 1	+ 3-4 semaines	

attribuée essentiellement à *P. cinnamomi* il y a lieu de traiter à la plantation et renouveler les traitements pendant les périodes les plus pluvieuses. Dans le cas de pourriture du cœur (*P. nicotianae* var. *parasitica*) on peut habituellement limiter les interventions à la plantation et à l'induction florale quand la pourriture se déclare à ce stade de végétation.

Traitements des rejets

Au trempage des rejets, qui demande en l'absence d'installations permettant un traitement mécanisé, beaucoup de main-d'œuvre et des quantités importantes de liquide (5 à 6 000 l/ha suivant les densités et le type de rejets) on préfère de plus en plus un traitement réalisé par pulvérisation juste après la mise en terre des rejets. Celui-ci, même effectué à l'aide de petits appareils à dos économise de la main-d'œuvre (de 500 à 1 000 litres de liquide/ha) et du produit...

Pour ce premier traitement on a toujours intérêt à *chercher à localiser l'application*, la surface foliaire qui intercepte la solution étant faible. Ainsi lorsqu'on emploie un appareil de pulvérisation à grand débit et rampe latérale munie de jets couvrant l'ensemble de la surface une fraction importante du produit est perdue et pour obtenir une efficacité comparable à celle acquise pour une application localisée on doit apporter une dose double.

L'application de granulés avant plantation ou peu après la mise en terre des rejets, habituellement moins efficace, est peu pratiquée.

Traitement en cours de végétation

L'application est à renouveler en fonction du type de protection souhaité de la pluviométrie et bien entendu de la durée d'efficacité du produit choisi. Dans le cas particulier où on recherche une protection des plants en saison pluvieuse après un traitement d'induction florale au carbure de calcium il y a lieu d'attendre une semaine avant de réaliser l'application : les fongicides sont décomposés en milieu fortement alcalin ; et il faut attendre que l'eau du cœur de la rosette retrouve un niveau de pH compatible avec l'utilisation des produits préconisés.

Lutte contre la pourriture des racines et Pythium spp.

La seule référence de lutte chimique parle de DD à la dose de plus de 600 l/ha (ANDERSON, 1966).

II. 9.2. — LUTTE CONTRE LES MALADIES A CERATOCYSTIS PARADOXA

« Pourriture noire des rejets » (« butt rot », « base rot »)
ou « du fruit » (« black rot », « water blister »)
(« maladies à *Thielaviopsis* »)

Données de base (cf. I. 4.2.1.2.1, p. 189-193)

Ceratocystis paradoxa est un champignon de blessure susceptible d'affecter toutes les parties de la plante mais le rejet et le fruit sont plus particulièrement exposés étant donné la blessure qu'engendre leur séparation du pied-mère. Outre ces blessures les meurtrissures de quelque nature qu'elles soient sont susceptibles de devenir une porte d'entrée pour le pathogène.

Pour éviter des infections sur rejets on recommande de les manipuler avec un minimum de précaution et surtout de ne pas les stocker en tas par temps humide. Une bonne cicatrisation du point d'attache est obtenue le plus souvent simplement en exposant leur base aux rayons solaires directs (cf. II. 6.3).

Dans le cas du fruit aux tissus plus fragiles et plus favorables au pathogène il est impératif d'éviter les meurtrissures et de stocker dans des conditions peu favorables au développement du champignon.

La *lutte chimique* de son côté est devenue particulièrement efficace avec l'arrivée sur le marché de toute une gamme de produits systémiques, elle est le plus souvent indispensable dans le cas de fruits destinés à des exportations en frais.

Pour protéger les rejets on les plonge dans une préparation fongicide à base de captafol (concentration 1 %) qui est également efficace contre les *Phytophthora* spp. ou à base de fongicide systémique : thiabendazole, carbendazime, benomyl, qui eux ne sont actifs que contre *Thielaviopsis* sp. Ce dernier produit aurait cependant une certaine action dépressive sur la croissance de la plante (CHO *et al.*, 1977). Les produits plus récents étudiés sur fruits : Imazalil, Triadimephon et CGA 64250 pourraient également être avantageusement utilisés dans le cas de transport en vrac sur de grandes distances.

Pour protéger le fruit dans un environnement favorable au développement de la maladie il est impératif de désinfecter la section du pédoncule.

Dès les années 1930 DICKSON *et al.* (1931) ont mis au point la désinfection par l'acide benzoïque auquel s'est substitué le shirlan vers les années 1960 — puis les systémiques des groupes benzimidazole, imidazole et triazole.

L'application se fait à l'aide d'une éponge que l'on imbibe avec de la préparation fongicide : on prend le fruit par la couronne et on appuie la section sur l'éponge disposée au milieu d'une boîte maintenant la préparation.

Ce type de traitement naturellement ne protège pas le fruit d'infection à partir de meurtrissures latérales. Pour chercher à s'en protéger il y a lieu de plonger l'ensemble du fruit dans une préparation fongicide ou tout au moins de faire passer les fruits dans un tunnel à brouillard fongicide (consommation moyenne ± 50 l/t). Dans ce dernier type de traitement, seuls le Triadiméfon et l'Imazalil se sont montrés très efficaces dans les conditions de Côte-d'Ivoire (FROSSARD, 1970-1978 a) alors que le Bénomyl et le Thiabendazole réputés efficaces aux îles Hawaii (CHO *et al.*, 1977) se sont révélés insuffisamment efficaces. On trouvera sur le tableau 48 les principales caractéristiques, les doses et modalités d'application des principaux produits actuellement présents sur le marché, mais on doit noter que leur utilisation est soumise à des règlements propres à chaque pays.

Quand on fait appel à des cires dans le but de ralentir les échanges gazeux celles-ci contiennent le plus souvent un fongicide.

Certains expérimentateurs estiment que l'emploi de produits partiellement systémiques avant la récolte pourraient assurer une certaine protection ultérieure et de ce fait présenter un certain intérêt ; cependant avec les pertes de produits irréversibles quelle que soit la technique d'application adoptée, il est probable que le coût d'une telle opération ne puisse qu'être très élevé.

La désinfection des stations de conditionnement et des locaux de stockage doit être faite régulièrement, on recommande de faire appel à une solution de formol à 3 % appliquée de préférence avec un appareil pneumatique ou à des ammonium quaternaires.

II. 9.3. — LUTTE CONTRE LA MALADIE DE LA FUSARIOSE

(limitée actuellement au Brésil)

FUSARIUM MONILIFORME SUBGLUTINANS

Données de base (cf. I. 4.2.1.2.2, p. 194-199)

En attendant la création de cultivars à haut rendement résistants à la maladie, on ne peut actuellement que recommander une lutte contre les parasites et plus particulièrement les lépidoptères qui, en visitant les fleurs, favorisent la dissémination des spores et la pénétration du champignon à l'intérieur du fruit par les blessures que provoquent leurs larves. Plusieurs applications de Carbaryl

PROTECTION PHYTOSANITAIRE

347

347

347

347

347

entre l'induction florale et la fin de la floraison vraie donnent de bons résultats. En opérant de la sorte, le % de fruits atteint en grandes plantations mécanisées peut passer d'une moyenne de 30 % à 1 ou 2 %.

La lutte chimique directe à base de fongicides de contact, tels que le Captafol, ou de fongicides systémiques tels que le Bénomyl ou le Thiabendazole (BOLKAN, DIANESE et CUPERTINO, 1978) n'a donné des résultats positifs, toutefois inférieurs à ceux obtenus avec une lutte contre les parasites animaux, que quand ils sont appliqués régulièrement entre l'induction florale et la récolte.

Sur rejet, en combinant un traitement thermique à l'utilisation du Bénomyl, MAFFIA (1980) a obtenu un bon contrôle de la maladie. Le meilleur traitement consiste à immerger les rejets pendant 90 mn dans une préparation de 50 g/l de Bénomyl à 90° C. Sa réalisation est donc très fastidieuse et comme, par ailleurs, il entraîne une mortalité élevée des rejets, son application pratique paraît difficile.

L'approche qui consiste à empêcher l'ouverture des fleurs en appliquant de l'éthéphon a donné des résultats positifs avec des solutions à 0,2-0,7 % de m.a. (CUNHA DA R., 1980), mais l'auteur a constaté des baisses de teneurs en jus et une diminution de la production de rejets.

II. 9.4. — LUTTE CONTRE LES AFFECTIONS DE FRUITS LIÉES A DES *PENICILLIUM* sp. ET DES *FUSARIUM* sp.

[« taches noires » (« fruitletcore rot », « eye rot », « black spot »),
« leathery pocket », « interfruitlet corking »]

Données de base (cf. I. 4.2.1.3.1, p. 199-205)

Bien qu'un ensemble de travaux récents ait permis de mieux cerner les pathogènes responsables de la maladie et surtout les stades pendant lesquels ils pénètrent dans la fleur ainsi que les voies de pénétration empruntées, on ne peut encore recommander à l'heure actuelle des techniques de lutte directe ; cependant une lutte contre la faune qui visite ou s'installe dans les fleurs permet habituellement de diminuer l'impact de la maladie (cf. I. 4.2.1.3.1). Restent les techniques consistant à améliorer les nutriments minérale et hydrique de la plante... et à orienter, chaque fois que cela est possible, la production sur les périodes de l'année où la maladie sévit le moins.

II.9.5. — LUTTE CONTRE LES MALADIES BACTÉRIENNES ET A LEVURES

- Maladie rose (« pink disease »).
- « Délivescence » du fruit (« fruit collapse »).
- Pourriture bactérienne du cœur (« bacterial heart rot »).
- Maladie marbrée (« marbling disease »).
- Pourriture à levures.

Données de base (cf. I.4.2.1.3.2, p. 205-211)

L'incidence de l'ensemble de ces maladies est très variable, on les rencontre plus particulièrement en début de saison des pluies après une longue saison sèche. Dans certains cas, en particulier dans le cas des altérations à base de levures on peut, dans une certaine mesure, limiter les dégâts en assurant une alimentation hydrique régulière.

En l'absence d'impératifs économiques, on a toujours, par ailleurs, la possibilité d'orienter la production en dehors des périodes critiques.

Aucune lutte chimique directe n'est actuellement recommandée, on peut cependant, pour certaines des maladies citées, diminuer leur impact en luttant contre les vecteurs.

II.9.6. — LUTTE CONTRE LA MALADIE DU YELLOW SPOT

Des mesures préventives telles que le maintien dans un bon état de propreté des plantations et le non emploi de plantes-hôtes du virus, dans le cas de cultures intercalaires, suffisent habituellement à éviter cette maladie. Données de base (cf. I.4.2.2.2, p. 211-213).

II.9.7. — LUTTE CONTRE LA MALADIE DU WILT DUE A *DYSMICOCUS BREVIPES*

Données de base (cf. I.4.2.2.2, p. 213-225)

Actuellement ce sont des combinaisons de mesures « bio-écologiques » et d'interventions chimiques qui sont les plus usitées pour contrôler la maladie. Toutes ont pour objectif de maintenir les populations de cochenilles à un niveau aussi bas que possible pour empêcher la maladie de sortir de son état « occulte ». Étant donné le

temps variable selon l'âge de la plantation, qui s'écoule entre l'intervention des cochenilles et l'apparition des premiers symptômes, *il est impératif d'intervenir préventivement*.

La lutte contre les cochenilles *débute avec la préparation du terrain* (on cherche à détruire tout résidu de la précédente culture pouvant permettre leur survie (cf. II.5)), se complète avec la *préparation du matériel végétal* de plantation que l'on doit désinfecter pour éviter de nouvelles introductions (cf. II.6.3), et *doit se poursuivre tout au long du cycle* de la plante par une lutte directe. Étant donné le rôle « protecteur » que jouent les fourmis, qui par ailleurs favorisent leur déplacement, il y a lieu de *lutter parallèlement contre celles-ci* chaque fois que leur présence en grand nombre est constatée et cela dès la préparation du terrain.

Lutte directe contre les cochenilles

La lutte chimique directe contre les cochenilles est réalisée avec trois types de produits :

- Gaz toxiques (le plus utilisé est le bromure de méthyle) que l'on réserve, le plus souvent, aux introductions de matériel végétal (WOLFENBARGER et SPENCER, 1951 ; OSBURN, 1946) ;

- Organo-phosphorés agissant par contact et, partiellement, par inhalation et dont la durée de vie est très brève. Il en existe toute une gamme, les plus efficaces sont également les plus dangereux. Tombés dans le domaine public, pour la plupart, ils sont peu onéreux ;

- Organo-phosphorés qui ont une activité endotherapique partielle et dont, de ce fait, la durée de vie est plus longue que dans le cas précédent.

A ces derniers on peut ajouter d'autres produits réputés nématicides et certains insecticides réservés habituellement à des applications au sol mais qui, tous deux, ont une certaine action contre les cochenilles, comme en témoigne des études récentes.

Le tableau 49 détaille les principales caractéristiques des produits appartenant à ces différentes catégories et donne quelques précisions sur les doses d'utilisation, habituellement recommandées.

Dans le cas des organo-phosphorés agissant essentiellement par contact, il est indispensable de faire appel à un grand volume de liquide/ha afin de permettre à la préparation de s'insérer entre les feuilles pour atteindre leur base où se localisent les cochenilles.

Désinfection du matériel végétal de plantation

La technique la plus simple consiste à plonger verticalement les rejets dans une préparation (photo 121) d'organophosphorés et une

TABLEAU 49

**Principaux produits utilisés actuellement ou à l'étude
contre la cochenille farineuse. Principales caractéristiques.
Toxicité. Doses d'utilisation**

Dénomination commune	Groupe d'appartenance	Solubilité dans eau à 25°	Toxicité : DL 50 par ingestion pour le rat en mg/kg	Mode d'action	Persistance	Doses d'utilisation (- pour un volume - pour 1 ha - par plant - en % de liquide utilisé) en quantité en M.A. ou
<u>Pour désinfection de rejets importés</u> Bromure de méthyle	Fumigant	13 400 ppm			très brève	3,2 kg par 100 m ³ pendant 2 heures
<u>Pour désinfection des rejets et pour traitements en cours de végétation</u>						
Parathion éthyl	Organophosphoré	24 ppm	13 mg/kg	par contact et partiellement par inhalation	très brève	Concentrations habituelles dans les solutions en m.a. (2 500 à 5 000 l/ha) (4 à 12 applications/cycle) 0,02 % à 0,03 %
Parathion méthyl	"	55 à 66 ppm	14 mg/kg	"	"	0,03 % à 0,04 %
Diazinon	"	40 ppm	150 à 600 mg/kg	"	"	0,03 % à 0,04 %
Fenthion	"	54 à 56 ppm	190 à 315 mg/kg	"	"	0,03 % à 0,06 %
Malathion	"	145 ppm	2 800 mg/kg	"	"	0,10 % à 0,25 %
Phoxim	"	7 ppm	2 170 mg/kg	"	"	0,09 %
Fenitrothion	"	Pratiquement insoluble	250 à 500 mg/kg	partiellement endothérapique	dizaine de jours	(Habituellement < 2 500 litres/ha) (Nb d'applications/cycle : variable selon la persistance) 0,03 % à 0,06 %
Formothion	"	2 600 ppm	365 à 500 mg/kg	"	quinzaine de jours	0,03 % à 0,04 %
Vamidothion	"	154 ppm	630 mg/kg	"	environ un mois	0,03 %
Dimethoate	"	25 000 ppm	320 à 380 mg/kg	"	quinzaine de jours	0,05 %
Omethoate	"	-	50 mg/kg	"	-	0,06 %
Phorate	"	50 ppm	3,7 mg/kg	"	-	0,02 %
Diflufoton	"	25 ppm	12,5 mg/kg	"	2 à 4 mois	(Nb d'applications/cycle : 3 à 6) 0,025 g/plant à 0,050 g/plant
Nématocides et insecticides du sol ayant également une action contre la cochenille : Carbofuran, oxamyl, aldicarbe, thiofanox, terbuphos						à l'étude

fois sortis de les stocker ensuite verticalement pendant une douzaine d'heures avant de les utiliser (temps nécessaire à une bonne pénétration de la bouillie entre les feuilles). L'efficacité est améliorée en enlevant, avant trempage, les folioles plus ou moins desséchées de la base que recouvre fréquemment des colonies de cochenilles. On compte, avec des cayeux, que près de 4 000 l de liquide/ha sont nécessaires pour assurer de cette façon une bonne désinfection.

On a cherché à mécaniser cette opération, surtout dans le cas des couronnes, en les faisant passer dans des bassins aménagés à cet effet. Mais la technique de plus en plus utilisée consiste à traiter les rejets lors de leur formation sur les pieds mères : on évite de ce fait toutes les manipulations intermédiaires.

Traitement en cours de végétation

On estime qu'il est nécessaire pour avoir une bonne efficacité, d'appliquer 2 000 à 6 000 l de solution/ha (selon que la préparation est localisée à la rangée d'ananas ou, au contraire, distribuée sur l'ensemble de la surface... et l'état de développement des plants). Quand la plante est jeune, avec une application localisée à la rangée d'ananas, ou mieux encore « ponctuelle » par plant, on peut se contenter de volumes relativement faibles. Par contre, sur des plants adultes et surtout quand on fait une application généralisée sur l'ensemble de la surface, il est indispensable d'appliquer au moins 5 000 l/ha (photos 138 et 141).

Ces interventions doivent se renouveler tout au long du cycle (en accroissant de préférence les quantités de liquide/ha avec l'âge du plant), à des intervalles qui devraient dépendre de l'évolution des populations de cochenilles.

En régions à saisons nettement tranchées, on a le plus souvent de fortes augmentations de populations aux intersaisons, c'est à ces époques qu'il y a lieu d'intervenir plus particulièrement aux dépens de périodes très pluvieuses ou très sèches, peu favorables aux cochenilles.

En région à climatologie plus uniforme, on intervient généralement à intervalles plus ou moins réguliers, qui doivent dépendre essentiellement de la longueur du cycle de la cochenille. Ils se tiennent habituellement dans la fourchette trois semaines - deux mois.

Pour des raisons économiques évidentes on cherche à combiner ces applications avec des applications d'engrais. La plupart des produits cités sont miscibles avec les engrais ne comportant pas de calcium. A noter cependant, que certains auteurs signalent des résultats assez satisfaisants en faisant appel à des formulations poudreuses (CHAN K. C., 1965), il est essentiel dans ce cas que la poudre

pénètre profondément dans le feuillage ce qui implique un flux d'air conséquent.

Dans le cas d'applications de préparation liquide à grand volume, on trouvera au chapitre II.2.2 les divers types d'appareillage couramment utilisés actuellement en culture d'ananas.

Avec les produits ayant une certaine action endotherapique, tels que le disulfotan, commercialisé le plus souvent sous forme granulée, on se passe du véhicule eau, ce qui diminue considérablement les frais d'application, mais de tels produits, comme tout systémique, ne sont réellement efficaces que quand la plante est en pleine croissance, et, le produit ne se délite convenablement qu'en présence d'humidité, ce qui limite quelque peu son utilisation pratique. Appliqué à l'aisselle des feuilles de la base et au sol, il se retrouve en concentration toxique pour la cochenille essentiellement au niveau des racines et à la base des feuilles les plus vieilles (CARTER et GORTNER, 1958 ; GORTNER, 1962 b) là précisément où ont tendance à se localiser les cochenilles.

Sa persistance dans la plante à la dose d'environ 0,025 g/plant, est d'environ trois mois (GUÉROUT, BARBIER, GICQUIAUX et VILARDEBO, 1968), ce qui demande un total de deux à six applications par cycle suivant sa longueur et la climatologie de la région considérée, si on ne fait appel qu'à ce type de produits pour lutter contre les cochenilles. A noter que dans certains pays, on combine avantageusement l'utilisation de ce type de produits à celui des organo-phosphorés de contact.

D'autres produits, dont des nématicides et/ou des insecticides du sol se sont révélés avoir également une action endotherapique marquée à l'égard des cochenilles et font l'objet actuellement d'expérimentations (MENÈZE, SUZUCHI, BATISTA, 1977 et ISMAEL, MASSES, 1978). On compte habituellement pour ce type d'application 4 j/ha.

L'application manuelle des granulés insecticides en culture d'ananas se réalise à l'aide de bouteilles plastique dont la perforation du bouchon est aménagée de façon à appliquer la dose voulue par un geste rapide et brusque.

L'application mécanisée basée sur une projection latérale à partir des interrangées, est en cours de mise au point actuellement, la difficulté tient au fait que il est nécessaire d'éviter que des granulés tombent dans le cœur de la rosette : ils peuvent provoquer de graves brûlures.

Lutte contre les fourmis

Les produits utilisés contre les cochenilles sont également efficaces à l'égard des fourmis mais étant donné d'une part la faible rémanence de tous ceux qui agissent par contact, d'autre part la

mobilité et les voies de cheminement des fourmis, il est le plus souvent nécessaire de faire appel à des produits plus rémanents, en particulier à des organochlorés (cf. tableau 50), incorporés au sol lors de la préparation du terrain (cf. II.5); mais la solution la plus élégante consiste à faire appel à des formulations comprenant un attractif : les fourmis les emmènent dans leurs nids provoquant sa destruction progressive. Il existe une très grande spécificité à cet

TABLEAU 50

**Principaux produits utilisés actuellement ou à l'étude,
contre les fourmis. Principales caractéristiques.
Toxicité. Doses d'utilisation**

Nom commun	Groupe d'appartenance	Solubilité dans eau à 25°	Toxicité : DL 50 par ingestion pour le rat en mg/kg	Doses d'utilisation Quantités de m.s./ha habituellement recommandées par application (Nb d'applications par cycle : 1 à 4) (N. B.)
DDT	Organochlorés	Pratiquement insoluble	113 mg/kg	3 à 5 kg/ha
Aldrin	"	0,027 ppm	67 mg/kg	3 à 5 kg/ha
Dieldrin	"	0,186 ppm	46 mg/kg	2 à 4 kg/ha
Endrin	"	Pratiquement insoluble	7,5 à 17,5 mg/kg	1 à 3 kg/ha
Heptachlor	"	0,056 ppm	100 mg/kg	2 à 4 kg/ha
Chlordane	"	Pratiquement insoluble	457 à 590 mg/kg	2 à 4 kg/ha
Toxaphène (Camphechlor)	"	3 ppm	90 mg/kg	2 à 4 kg/ha
Perchlordecone	"	Pratiquement insoluble	306 mg/kg	Selon la densité de la population et le mode d'application 10 à 30 g/ha

N. B. - PY et TISSEAU 1965, RAI et SINHA 1980, PINON A. 1980.

égard, ainsi d'après RAI et SINHA (1980), la poudre de lait écrémé, mélangée à de la farine de blé, s'est révélée un bon attractif à l'égard de *Solenopsis* sp., tandis que la mouture de blé s'est révélée être un meilleur attractif pour les *Araucomyrmex* sp.

Dans ces formulations il est toujours préférable d'utiliser des produits rémanents à action lente que des produits à action rapide pour que davantage de matière active ait eu le temps d'être introduite dans le nid.

D'une façon générale, on a intérêt à placer les formulations à proximité des nids facilement repérables sur terrain fraîchement travaillé donc essentiellement à la fin de la préparation du terrain. Mais cette application est à renouveler si besoin est en cours de végétation.

II. 9.8. — LUTTE CONTRE LES NÉMATODES

Données de base (cf. I. 4.2.3.1.1, p. 225-236)

La lutte contre les nématodes doit débiter, dans la mesure du possible, dès la préparation du terrain ; c'est le cas en particulier quand on adopte l'une des *voies bio-écologiques de lutte* qui vise à diminuer le niveau de l'inoculum du sol en faisant des rotations de culture avec des plantes mauvais hôtes pour les nématodes de l'ananas ou en travaillant le sol pour limiter leur possibilité de survie (cf. I. 4.2.3.1.1). On obtient des résultats habituellement supérieurs en intervenant avec des *fumigants* juste avant la mise en terre des rejets ou peu après. Mais cela ne suffit pas à protéger les racines ; il y a lieu d'intervenir en cours de végétation et les *endothérapiques* sont alors les produits qui conviennent le mieux à cet effet. Une application de ces derniers réalisée peu après plantation a, dans la pratique, un effet résultant à peu près analogue à un traitement de préplantation dirigé contre l'inoculum du sol.

Un minimum de connaissance sur les produits existants est indispensable pour dégager les stratégies de lutte les mieux adaptées à chacun des cas.

II. 9.8.1. — Principales caractéristiques générales, mode d'action et modalités d'emploi des principaux produits actuellement disponibles

On distingue habituellement deux grands groupes de nématicides :

- les *nématocides de contact* comprenant les *fumigants* (organo-halogénés) et les *thiocyanates*.
- les *nématocides systémiques* ou *endothérapiques* (qui, en fait, ont également une certaine action de contact) comprenant les *organophosphorés* et les *carbammates*.

LES FUMIGANTS

Modes d'action - Modalités d'emploi

La principale caractéristique des fumigants est d'avoir une tension de vapeur élevée, ce qui leur confère une volatilité, variable suivant les produits, leur permettant de diffuser dans le sol à partir d'un point d'implantation, il s'établit alors un équilibre, nécessaire à la solubilisation des molécules gazeuses dans la pellicule d'eau où évoluent les nématodes.

Pour parvenir à la destruction du nématode un contact prolongé est indispensable. Un bon assainissement du sol ne peut donc être obtenu que si le produit diffuse dans toute la couche de terre explorée par les racines, ce qui implique un ameublissement préalable « poussé » de celui-ci comportant le moins possible de mottes tout particulièrement à redouter en sol argileux (à l'intérieur de celles-ci des individus peuvent échapper au traitement), et une teneur en eau du sol qui ne soit pas trop élevée.

Les produits pouvant être adsorbés de façon irréversible sur tout type de matière organique dont la présence, par ailleurs, contribue largement à leur dégradation (CUANY et RITTER, 1979), il est impératif que tous les résidus de la précédente culture soient bien décomposés.

La volatilisation des produits (vitesse et ampleur de la diffusion) est d'autant plus rapide que la température est plus élevée. Si les températures du sol sont trop basses, les fumigants restent pratiquement à leur point d'insertion (PEACHEY, 1965 ; PEACHEY et CHAPMAN, 1966) pouvant provoquer des phytotoxicités ponctuelles ; si elles sont trop élevées la volatilisation, par contre, peut être trop rapide avec perte de produit dans l'atmosphère. La température du sol est donc un des principaux critères à considérer dans le choix du produit.

Le Dichloropropane-dichloropène (DD) à 7° C reste pratiquement à son point d'insertion ; par contre, il diffuse très bien dans le sol à 18-20° C. Le dibromochloropropane (DBCP) reste à son point d'insertion à 16° C mais il diffuse correctement aux températures de 23-25° C. Entre ces deux extrêmes, se place la dibromoéthane (EDB) dont la tension de vapeur est intermédiaire (KEETCH, 1975).

En général, il est recommandé d'attendre un certain temps (8 à 15 jours) avant la mise en terre des rejets (temps correspondant à la diffusion du produit). Cependant, dans le cas du DBCP il est fréquent que l'on réalise l'application immédiatement avant la mise en terre des rejets ou peu après — on peut alors constater une certaine action dépressive sur la croissance des premières racines émises (TEISSON, 1979 f) ; pour l'éviter certains auteurs recommandent de placer ce produit plus profondément que dans le cas des autres produits.

Modalités d'emploi - Mécanisation de l'application

On peut appliquer les fumigants de façon ponctuelle, à l'aide de pals injecteurs manuels et d'appareils se basant sur le même principe ou mécaniquement, linéairement, « en continu ». Bien que certains auteurs recommandent une application sur l'ensemble du terrain, on a le plus souvent intérêt, quelle que soit la technique utilisée, à la limiter à la rangée d'ananas.

Dans le cas d'applications ponctuelles, on a toujours avantage

à multiplier les points d'insertion en diminuant proportionnellement les quantités de produits appliqués à chacun d'eux afin de faciliter le rapprochement des « fronts de diffusion » et donc de « couvrir » efficacement le plus large volume de terre possible. En réalisant autant de points d'insertion qu'il y a de plants (un point d'insertion entre chaque plant peu après plantation par exemple) il faut compter une moyenne de 14 à 17/homme/j/ha suivant les densités.

Dans le cas d'applications « en continu », on laisse couler le plus souvent autant de filets de liquide qu'il y a de lignes sur la rangée. L'application est réalisée avantageusement par l'appareil qui forme le billon, il est indispensable que la « billonneuse » assure un débit qui soit fonction de la vitesse d'avancement, mais indépendant du niveau de produit dans le réservoir.

La profondeur d'application habituellement recommandée est de 20-25 cm, mais aux Iles Hawaii on préfère descendre jusqu'à plus ou moins 40 cm dans le cas du DBCP.

On a toujours intérêt à boucher le trou réalisé par le pal injecteur ou, dans le cas d'une application mécanisée, à tasser le sol juste après application pour limiter les déperditions de gaz dans l'atmosphère. En saison sèche, un arrosage préalable est préférable. Dans le cas d'un emploi de film polyéthylène, les déperditions étant très faibles, le traitement est plus efficace.

Dans les plantations les plus avancées techniquement (Hawaii), l'application est parfois réalisée par un engin qui combine à la fois l'application de deux produits différents (DD et DBCP) à deux profondeurs, l'application d'un insecticide de fond, la formation du billon et la pose d'un film de poly, au travers duquel sont même parfois disposées des couronnes (cf. II. 6.5).

En cours de végétation, seul le DBCP est utilisable, les risques de phytotoxicité étant trop élevés avec les autres produits. L'application ponctuelle est réalisée à l'aide de pal injecteur manuel que l'on enfonce dans le sol tous les 20 à 30 cm, entre les lignes d'une même rangée, ou mieux entre chaque pied. A Hawaï, avant l'utilisation des endotherapiques, on utilisait dans certaines plantations des appareils qui injectaient sous haute pression à travers le film de poly des plots de liquide. Certaines plantations ont tenté, avec plus ou moins de succès, des applications en pulvérisation de DBCP sur l'ensemble de la végétation en faisant appel à un très grand volume d'eau ($\pm 10-12\ 000$ l/ha) pour limiter les risques de brûlures.

Le tableau précise les caractéristiques de chacun des produits les plus couramment utilisés en culture d'ananas et donne quelques exemples typiques de modalités d'emploi et de doses pour différents pays. Des détails très pratiques sur l'utilisation des appareils pourront être trouvés dans le *Manuel du Planteur d'Ananas* (Côte-d'Ivoire, Anonyme, 1983). De plus en plus, on tend à remplacer les applications

de fumigants après plantation par des applications d'endotherapiques beaucoup plus faciles à réaliser.

LES ENDOTHERAPIQUES

Mode d'action - Modalités d'emploi

Ces produits, caractérisés par une tension de vapeur très faible, agissent sur les nématodes présents dans le sol, mais surtout sur ceux qui ont déjà pénétré dans les racines du fait de leurs propriétés systémiques. Il existe de grandes différences entre eux quant à leur comportement dans le sol et dans la plante.

Leur mode d'action est encore peu connu ; ils conféreraient un effet protecteur obtenu davantage par un effet nématostatique (inhibition des cholinestérases) que par une action nématocide directe (BERGÉ et CUANY, 1978 ; BERGÉ, CUANY et BRIDE, 1980 ; BUNT, 1975 ; JAMET et PIÉDALLU, 1980).

La pénétration de nouveaux parasites et le développement des populations déjà présentes dans les racines sont empêchés, ou fortement limités, tant que l'effet inhibiteur se maintient. Cependant, les nématodes ne sont pas forcément tués et l'inhibition peut être réversible, si toutefois l'effet du produit ne se prolonge pas trop (BUNT, 1975). Les jeunes stades larvaires seraient particulièrement sensibles.

Pour lutter efficacement contre les nématodes parasites avec ces produits il est donc nécessaire de maintenir le plant en état de « non réceptivité », par des applications judicieusement réparties en cours de cycle (SARAH, 1980 a).

On a intérêt, en particulier, à intervenir juste avant ou au début des périodes les plus favorables à la prolifération des nématodes dans le sol et donc au développement des infestations racinaires, périodes d'intersaisons, à la fois chaudes et humides qui correspondent par ailleurs à une forte activité physiologique de la plante, condition indispensable à une bonne absorption et à une bonne utilisation de ce type de produit par celle-ci. En intervenant avec des produits dont l'efficacité est suffisamment persistante, on arrête et ralentit le développement des populations existant dans les racines (SARAH, 1980 a).

De telles modalités d'intervention qui se sont révélées particulièrement efficaces en Côte-d'Ivoire à l'égard de *Pratylenchus brachyurus* excluent des traitements à intervalles réguliers ou le fractionnement en doses faibles et rapprochées telles qu'elles sont réalisées avec succès, à l'égard d'autres espèces, dans d'autres conditions climatiques : Afrique du Sud, Hawaii où, dans le cas de ce dernier pays, on cherche par ailleurs à profiter de la présence d'un système d'irrigation localisé pour véhiculer le nématocide.

Une protection des rejets par immersion dans des préparations de produits à action endotherapiques, ou pulvérisation de celles-ci,

a été expérimentée, avec succès, en Afrique du Sud (MILNE, DE VILLIERS, 1977 ; KEETCH, WEBSTER, 1977 ; KEETCH et PURDON, 1979). De réalisation pratique difficile, il ne semble pas cependant, qu'elle soit appelée à un grand avenir.

Appliquée dans le sol, la matière active est absorbée par les poils absorbants, véhiculée et distribuée par la voie symplastique de la sève élaborée. Mais leur devenir dans le sol peut être très variable :

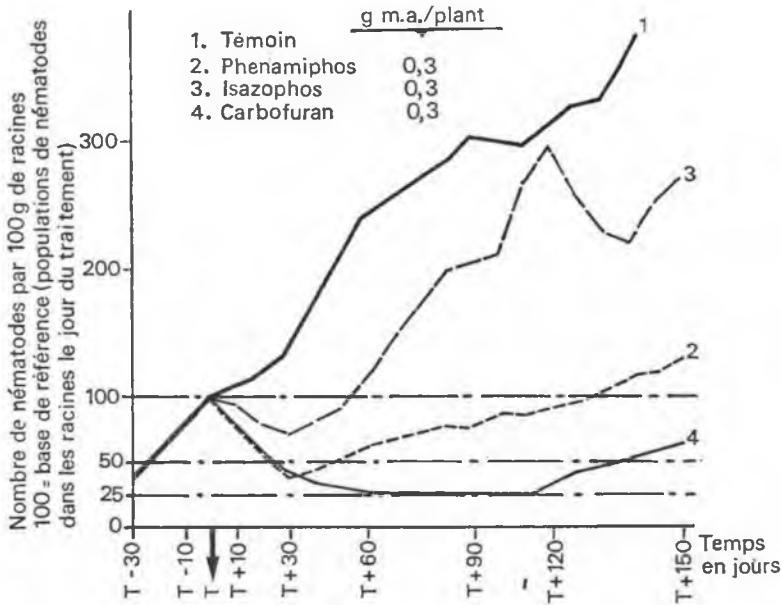


FIG. 70. — Évolution des populations de nématodes après traitement par rapport aux populations existantes au moment du traitement → T.

en fonction de leur solubilité et de leur stabilité face au pH. Certains peuvent se fixer sur la matière organique du sol sans que cette fixation soit pour autant nécessairement irréversible. La dégradation peut être rapide mais les métabolites obtenus peuvent garder une activité nématicide importante, c'est le cas en particulier avec l'aldicarbe et le phénamiphos (JAMET et PIÉDALLU, 1980). Appliquée sur le feuillage, la matière active peut être absorbée par les racines adventives situées à la base des feuilles les plus anciennes mais d'autres voies de pénétration seraient également possibles (surface inférieure des feuilles). La systémicité leur procure une action curative plus ou moins importante sur les infestations racinaires. La fig. 70, empruntée à SARAH (1980 a), synthèse élaborée à partir de quatre experimen-

tations, illustre, pour un site donné (Côte-d'Ivoire), les différences d'effets curatifs à l'égard de *Pratylenchus brachyurus* de trois nématicides à action endothérapie, pour une même dose de matière active appliquée (0,3 g de M.A. par pied). On retrouve le niveau d'infestation des racines au moment de l'application au bout d'environ 50 jours avec l'isazophos, et de 130 jours avec le phénamiphos. Avec le furadan, 150 jours après l'application, le niveau d'infestation est encore inférieur à celui relevé au moment du traitement.

Action sur la plante

Si ces produits assurent, en définitive, une protection satisfaisante et un bon assainissement dans le cas où l'infestation s'est déclarée, ce qui se traduit par une amélioration notable de l'absorption des éléments nutritifs (à quelques exceptions près), et par voie de conséquence, par une croissance plus active, ils sont susceptibles cependant d'apporter, du fait de leur systémicité de graves perturbations dans le métabolisme de la plante. Ce sont généralement les formules liquides de ces composés qui entraînent les manifestations les plus spectaculaires, ces formulations par ailleurs peuvent, dans certaines conditions, provoquer des brûlures sur jeunes feuilles du cœur de la rosette.

Certains produits sont susceptibles d'avoir une action dépressive sur la croissance végétative, traduisant une perturbation de la nutrition minérale (isazophos) (SARAH, 1981 a). D'autres peuvent perturber la différenciation des inflorescences, ce qui conduit à recommander de respecter un intervalle minimum entre l'application et l'induction florale (carbofuran, phénamiphos) (SARAH, 1981 b). D'autres encore, peuvent même avoir une action dépressive sur le développement du fruit et la sortie des rejets après récolte (carbofuran) (SARAH, 1982 a ; SARAH, 1982 b).

L'assainissement du système racinaire constaté chaque fois que les produits ont été appliqués dans de bonnes conditions, ne permet pas cependant d'expliquer l'amélioration très importante de l'absorption de certains éléments, tout particulièrement du phosphore. Différentes hypothèses ont été avancées pour tenter d'apporter des explications : levées d'effets dépressifs pouvant être dues à des toxines secrétées par des nématodes ? (LACOEUILHE et GUÉROUT, 1976), accroissement des activités enzymatiques associées à la croissance de la plante ? (MILNE, 1977).

II.9.8.2. — Technique de lutte par voie chimique

Le tableau 51 présente de façon synthétique les principales caractéristiques des produits les plus utilisés et donne des doses et des modalités d'emploi pour certains d'entre eux.

Malgré la très grande diversité des techniques de lutte due au nombre élevé de facteurs susceptibles d'intervenir, on peut les résumer comme suit :

— *Traitement « à la plantation »*, dans le but de réduire l'inoculum du sol et de protéger les premières racines émises :

- dans le *premier cas* on fait appel à des fumigants, peu avant plantation ou, éventuellement pour certains d'entre eux (D.P.C.P.), immédiatement après plantation, aux doses indiquées sur le tableau 51 ;

- dans le *second cas* on fait appel à des *endothérapiques*. On incorpore au sol des formulations granulées au moment de la formation du billon, ou mieux, on attend les premières émissions racinaires avant de les appliquer afin de permettre à la plante d'absorber la majeure partie du produit. On a alors intérêt à les localiser au pied des jeunes plantules ou à l'aisselle des feuilles de la base, technique qui n'est cependant pleinement efficace qu'en période pluvieuse et qui présente par ailleurs l'inconvénient d'exiger beaucoup de main-d'œuvre. Les applications en pulvérisation, préférables en saison sèche, sont par contre aisément mécanisables mais la dispersion du produit est plus grande.

Dans le cas du phénamiphos, SARAH (1982 c) a démontré qu'une application relativement tardive (mais cependant inférieure à 3 mois), qui peut permettre un démarrage précoce des infestations, reste très efficace grâce à l'assainissement plus prolongé qui en découle, mais au-delà de 3 mois les dégâts faits au départ de végétation ne peuvent plus être totalement compensés.

A la plantation deux produits sont plus particulièrement recommandés : le phénamiphos et l'ethoprophos, tous les deux aux doses de 0,075 à 0,150 g de M.A./plant suivant les produits. La très grande phytotoxicité de ce dernier exige qu'il soit appliqué strictement sous forme granulée (photo 145). Un troisième est à l'étude : l'isazophos.

— *Traitement en cours de végétation*

Plusieurs approches sont utilisées :

- Soit, on cherche à appliquer le produit au début des périodes de plus grande activité (à la fois chaudes et humides), favorables à la croissance de la plante, à la réceptivité du produit par celle-ci (dans le cas d'emploi d'endothérapiques), et au développement des populations de nématodes. Un total de 1 à 3 applications sont habituellement nécessaires en Côte-d'Ivoire (où le principal nématode rencontré est *Pratylenchus brachyurus*), suivant la longueur du cycle et le nombre de périodes favorables à ces applications, la première

Principaux nématicides utilisés actuellement en culture d'ananas ou en expérimentation.

Dénomination commune	Groupe d'appartenance	Densité	Solubilité dans eau	Tension de vapeur	Stabilité	Toxicité orale DL 50 pour rat (en mg/kg)	Toxicité dermale DL 50 pour lapin (en mg/kg)	Mode d'action
Dichloropropane ($C_3H_6Cl_2$) + 50 % dichloropropène ($C_3H_4Cl_2$) (DD)	organo-halogénés (fumigants)	liquide 1,17 à 1,22	2,75 g/l à 20 °C	35,0 mm Hg à 20 °C	bonne stabilité mais inflammable	140	2.100	contact
Dichloropropène ($C_3H_4Cl_2$)								
Dibromure d'éthylène ou Dibromo-éthane (EDB) ($C_2H_4Br_2$)	"	liquide 2,18	3,37 g/l à 20 °C	7,7 mm Hg à 20 °C	très stable, non inflammable	117 à 146	irritation et brûlures	"
Dibromochloropropane (DBCP) ($C_3H_5Br_2Cl$)		liquide 2,1 à 15 °C 2,09 à 20 °C	1,23 g/l à 20 °C	> 1,0 mm Hg à 20 °C	bonne si température supérieure à 6°			
Carbofuran ($C_{12}H_{15}NO_3$)	Carbamates	1,18 à 1,20 à 20 °C	0,7 g/l à 20 °C	2×10^{-5} mmHg à 33 °C	stable en milieu neutre et acide	8,2 à 14,1 suivant auteurs	> 10.000	endotherapique essentiellement
Aldicarbe ($C_7H_{14}N_2O_5$)		1,195 à 25 °C	6,0 g/l à 25 °C	1×10^{-4} mmHg à 25 °C	stable 2 ans	1	140	endotherapique
Oxamyl ($C_7H_{13}N_2O_3S$)	"	0,97 à 0,98 à 25 °C	280 g/l à 25 °C	$2,3 \cdot 10^{-4}$ mm Hg à 25 °C	bonne sauf en condition alcaline, lumière, chaleur	5,4	2.960	endotherapique essentiellement
Phénamiphos ($C_{13}H_{22}O_3NP_5$)	organo-phosphorés		0,7 g/l à 25 °C			8 à 10 15,3 à 19 suivant auteurs	73 — 84	contact et endotherapique
Ethoprophos ($C_8H_{19}O_2S_2P$)	"	1,094	0,75 g/l		stable en milieu acide et à la chaleur	62	25,9	contact et légèrement endotherapique
Isazophos	"							endotherapique essentiellement

(1) Dose calculée essentiellement pour lutter contre les symphytes.

Principales caractéristiques physicochimiques. Toxicité. Exemples de doses et modalités d'emploi.

Ordre de grandeur de la persistance de l'effet nématicide	Doses et modalités d'emploi - Quelques exemples typiques		Principaux nématodes concernés	Pays
	Avant plantation en l ou kg m.a./ha	En cours de végétation en kg m.a./ha ou g/plant		
quelques jours	250 l m.a./ha		● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Côte d'Ivoire
	300 l m.a./ha		● <i>méloldogyne</i> sp	Afrique du Sud
	350-550 l m.a./ha		● <i>rotylechulus reniformis</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i> ● identique à ci-dessus	Hawaï
	135 l m.a./ha		● identique à ci-dessus	Hawaï
quelques jours	30 à 60 l m.a./ha		● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Côte d'Ivoire
	40 à 70 l m.a./ha		● <i>méloldogyne</i>	Afrique du Sud
	87 à 152 kg m.a./ha		● <i>rotylechulus reniformis</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Australie
un peu plus longue	22,5 l m.a./ha	11,3 l m.a./ha en injection dans le sol (de moins en moins pratiqué)	● <i>pratylenchus brachyurus</i> ● <i>méloldogyne</i>	Côte d'Ivoire
	28 l m.a./ha		● <i>rotylechulus reniformis</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Hawaï
de l'ordre de 3 mois		à l'étude	● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Côte d'Ivoire
1 à 2 mois		● pulvérisation sur le feuillage tous les mois de 0,5 à 1 kg m.a./ha, soit environ 6 applications/cycle (total: 4,5 à 5 kg m.a./ha ou 0,11 g m.a./plant) ● à l'étude	● <i>méloldogyne</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Afrique du Sud Côte d'Ivoire
de l'ordre de 3 mois	9 à 10 kg m.a./ha	● en remplacement du traitement de préplantation: 1 application de 0,075 g à 0,150 g m.a./plant (4 à 9,6 kg de m.a./ha suivant les densités), 3 semaines environ après plantation en pulvérisation sur le feuillage ou en granulés au pied de la plante ● en cours de végétation: 1 à 3 applications de 0,15 g de m.a./plant (0,2 à 9,6 kg m.a./ha suivant les densités) suivant la longueur du cycle et le nombre de périodes favorables, en pulvérisation sur le feuillage ou en granulés à l'aiselle des feuilles de la base.	● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Côte d'Ivoire
		● pulvérisation sur le feuillage tous les 2-3 mois de 2 à 3 kg m.a./ha/application ● incorporation à l'eau d'irrigation (irrigation localisée) toutes les 2 à 4 semaines de produit à la concentration de 10 à 20 ppm	● <i>méloldogyne</i> ● <i>rotylechulus reniformis</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Hawaï
		● pulvérisation sur le feuillage tous les 3 mois de 2,5 kg m.a./ha/application	● <i>méloldogyne</i> ● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Afrique du Sud
de l'ordre de 3 mois	9 à 10 kg m.a./ha en granulés	● 9-10 kg m.a./ha sous forme granulée, 3 semaines après plantation en remplacement du traitement de préplantation, à renouveler au début de chaque période favorable	● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Côte d'Ivoire
	20 kg m.a./ha en granulés (1)	● 20 kg m.a./ha sous forme granulée à renouveler (1)	● <i>rotylechulus reniformis</i>	Martinique
	9 à 10 kg m.a./ha en granulés	● 9-10 kg m.a./ha sous forme granulée, 3 semaines après plantation en remplacement du traitement de préplantation, à renouveler au début de chaque période favorable	● <i>pratylenchus brachyurus</i>	Côte d'Ivoire

prenant place de préférence entre le 3^e et 5^e mois qui suit la plantation.

On peut utiliser le DBCP par injection entre plants à la dose de 11,3 l m.a./ha, mais de plus en plus on tend à faire appel à des organophosphorés, la dose recommandée étant de 0,15 g de m.a./plant quel que soit le produit utilisé (phénamiphos, éthoprophos ou isazophos) et la formulation (liquide ou sous forme de granulés). Étant donné son action dépressive sur la floraison (inhibition partielle de celle-ci et retard à la sortie des inflorescences), il est conseillé de ne pas faire d'applications à moins de 6 semaines du traitement d'induction florale.

- Soit on réalise des apports réguliers. En Afrique du Sud où on a affaire essentiellement à *Meloïdogyne* spp., sauf dans les zones chaudes où *Pratylenchus brachyurus* domine, on recommande des apports de phénamiphos tous les trois mois à la dose de 2,5 kg/ha ou d'oxamyl beaucoup plus fréquemment : la durée de vie de ce produit étant plus courte et sa phytotoxicité plus discutée. On cherche parfois à localiser l'application à la base de la plante, principalement en saison chaude, pour diminuer les doses appliquées/ha et éviter des phytotoxicités.

Aux Iles Hawaii où sévissent plus particulièrement des *Meloïdogyne* spp. et *Rotylenchulus reniformis*, on cherche dans le cas des plantations situées en zone sèche, munies d'un réseau d'irrigation en localisé, à profiter de celui-ci pour acheminer la matière active au pied de la plante. Dans le cas de l'emploi du Phénamiphos, on amène à intervalles plus ou moins réguliers (deux à quatre semaines) la concentration de l'eau d'irrigation à 10-20 ppm.

II. 9.9. — LUTTE CONTRE LES SYMPHYLES

Données de base (cf. I. 4.2.3.1.2, p. 236-240)

Dans l'état actuel des connaissances rassemblées sur les symphytes, on ne peut, pour le moment, que recommander une lutte chimique.

Les fumigants utilisés contre les nématodes auraient tendance à les repousser et à avoir une action dépressive sur leurs prédateurs, une lutte spécifique est donc nécessaire. Le tableau 52 présente les principales caractéristiques des produits les plus utilisés actuellement et les doses d'emploi les plus recommandées.

Les produits sont à appliquer à la plantation par incorporation au sol avant la mise en place des rejets, et dans le cas où une seconde application se révèle nécessaire, de préférence au début de l'intersaison qui suit en cherchant par ailleurs à tenir compte des « vagues »

TABLEAU 52

**Principaux produits utilisés actuellement, ou à l'étude,
contre les Symphyles**
Principales caractéristiques - Doses habituelles d'utilisation

Dénomination commune	Groupe d'appartenance	Solubilité dans l'eau à 25°	Toxicité : DL50 par ingestion pour le rat en mg/kg	Mode d'action	Persistance	Doses d'utilisation	Risques de Phytotoxicité
						Kg/M.A./Ha (g M.A./plant)	
Fumigants (P.M.)							
(Stéréoisomère gamma de HCH)	Organo-halogénés	10 ppm	125 mg/kg	contact ingestion et inha- lation	8-15 jours	3 à 5 kg à renouveler si né- cessaire	<u>faible</u> : en cours de végétation ap- plication de solu- tion possible
FONOPHOS	Organo-phosphorés	pratiquement insoluble	135 mg/kg	contact et ingestion	2 à 3 mois	2 à 2,8 kg (0,04gM.A./plant) à renouveler si nécessaire	<u>faible</u> : en cours de végétation ap- plication de solu- tion possible
ETHOPROPHOS	Organo-phosphorés	750 ppm	61 mg/kg	contact essen- tiellement	2 mois	7,5 à 10 kg (0,15 à 0,20gM.A./pl.) à renouveler si nécessaire	<u>élevée</u> : en cours de végétation ap- pliquer de préfé- rence des granulés à localiser au sol ou à l'aisselledes feuilles de la base En faisant appel à un composé émulsifi- fiable, il ne faut pas dépasser lacon- centration de 0,16 % (M.A.)(LACOEUILHE J.J., 1982)
CHLORPYRIPHOS- ETHYL	Organo-phosphorés	2 ppm	163 mg/kg	contact ingestion et inhalation	2 à 3mois	à l'étude	<u>faible</u>

d'émission racinaires. Dans le cas des produits faiblement phytotoxiques, l'application peut se faire en solution sur le feuillage ; dans le cas contraire (Ex. : ethoprophos) il est nécessaire de faire appel à des formulations granulées à localiser au pied de la plante ou à l'aisselle des feuilles de la base — le produit devra alors être entraîné en profondeur par les pluies pour être efficace — à moins de faire appel à de très importants volumes de liquide.

II. 9.10. — LUTTE CONTRE LES COCHENILLES *DIASPIS* spp. ET *LONGISPINUS* sp.

Données de base (cf. I. 4.2.3.2.1, p. 240-242)

Les insecticides utilisés contre *D. brevipes* sont également efficaces à leur égard.

II. 9.11. — LUTTE CONTRE LES ACARIENS

Données de base (cf. I. 4.2.3.2.2, p. 242-244)

Favoriser la croissance de la plante peut, dans certains cas, suffire à réduire les populations à un niveau négligeable.

Dans d'autres cas une lutte chimique directe est nécessaire. Toute une gamme d'acaricides sont offerts sur le marché, il est habituellement très recommandé d'en changer souvent pour éviter différentes formes d'accoutumance.

II. 9.12. — LUTTE CONTRE *Thecla basilides* (Geyer)

Données de base (cf. I. 4.2.3.3, p. 244-246)

La lutte par voie chimique est la seule susceptible actuellement de donner rapidement des résultats positifs, elle consiste à « protéger » par l'application d'insecticides appropriés toute la période pendant laquelle s'étale la floraison. En fait il est prudent de débiter les apports dès l'induction florale et de les poursuivre quelque peu au-delà de la fin de la période de floraison « vraie ». Même en opérant de la sorte on n'est pas à l'abri de quelques attaques ultérieures.

Pour limiter le nombre des interventions il est indispensable d'avoir dans chaque parcelle une floraison très groupée ce qui implique de la part du producteur une parfaite maîtrise du cycle.

En faisant appel à des organo-phosphorés on est contraint de

renouveler fréquemment les applications étant donné leur faible rémanence.

On leur préfère le plus souvent des organochlorés faiblement toxiques, mais l'usage de ces derniers étant de plus en plus soumis à restriction, on tend à les abandonner au profit de terpènes chlorés ou de carbamates qui présentent moins de danger sur le plan des résidus (SUPLICY, FILHO *et al.*, 1966 ; NAKANO, ASSIS MACHADO *et al.*, 1971 ; MARTINEZ N. B., 1976) (cf. tableau 53).

TABLEAU 53

**Principaux produits utilisés actuellement
contre *Thecla basilides*. Principales caractéristiques. Toxicité.
Doses d'utilisation**

Nom commun	Groupe d'appartenance	Solubilité dans eau 25°	Toxicité DL50 par ingestion pour le rat	Doses d'utilisation - quantité de m.a./ha et fréquence des applications
Heptachlor (1)	Organochlorés	0,056 ppm	100 mg/kg	1 à 3 kg/ha en 4-5 applica- tions ^{espacées} de 10 à 15 jours
Chlordane (1)		pratiquement insoluble	457 à 590 mg/kg	1 à 3 kg/ha en 4-5 applica- tions espacées de 10 à 15 jours
Toxaphène (Camphechlor)	Terpènes chlorés	3 ppm	90 mg/kg	1 à 3 kg/ha en 4-5 applica- tions espacées de 10 à 15 jours
Carbaryl	Carbamates	40 ppm	850 mg/kg	idem
Bufencarb				à l'étude

(1) Utilisation interdite dans de nombreux pays.

II. 9.13. — LUTTE CONTRE DIVERS RAVAGEURS « SECONDAIRES »

Données de base (cf. I. 4.2.4, p. 246-250)

Dans le cas des Lépidoptères, on utilise les mêmes produits que ceux recommandés dans la lutte contre *Thecla basilides*.

Dans le cas des Coléoptères attaquant le système racinaire, on utilise le plus souvent, chaque fois que leur emploi est autorisé, des organochlorés.

Dans le cas de ceux attaquant l'appareil foliaire ou l'inflorescence, on peut soit utiliser des organophosphorés, soit du décaméthrine (pyréthrinoïde de synthèse) à la dose de 10 g m.a./ha, le produit est très efficace mais la rémanence n'est que de 5 à 10 j, soit du propoxur à la dose de 250 g m.a./ha. La rémanence est de 10 à 15 jours.

II. 9.14. — LUTTE CONTRE LES ADVENTICES

Dans les « données de base » (I. 4.2.5, p. 250-252) on a précisé les conséquences économiques de la concurrence très vive qui ne manque pas de s'établir entre l'ananas et les adventices en l'absence de contrôle de ces dernières, et présenté les grandes lignes des approches envisageables pour lutter contre celles-ci.

Dans ce qui suit on se propose de les développer mais on a jugé utile de présenter auparavant les principales adventices particulièrement difficiles à contrôler en culture d'ananas et les techniques de lutte plus ou moins spécifiques actuellement recommandées à leur égard.

II. 9.14.1. — Principales adventices particulièrement difficiles à contrôler. Techniques de lutte plus ou moins spécifiques

Graminées (Poacées)

Imperata cylindrica : Cette graminée héliophile, très vivace, se multipliant par rhizomes et par graines peut envahir rapidement un terrain dès que le couvert végétal est détruit. On la contrôle partiellement par voie bioécologique soit en introduisant dans les rotations des plantes très couvrantes (Ex. : bananier, canne à sucre, légumineuses...), soit plus radicalement par des travaux fréquents du sol. Pour les uns il est préférable de travailler en saison sèche et d'utiliser un extirpateur afin de rassembler les rhizomes et les détruire par le feu ou les enlever ; pour d'autres on obtient de meilleurs résultats en opérant en saison des pluies, période pendant laquelle les fragments végétaux se décomposent aisément. Par voie chimique on doit faire appel à des herbicides de post-émergence qui pénètrent par l'appareil foliaire.

Les produits les plus utilisés actuellement sont :

- dalapon, à la dose de 10-15 kg/ha ;
- paraquat, à la dose de 1-4 kg/ha ;
- glyphosate, à la dose de 4-8 kg/ha.

Ce dernier serait le plus efficace (COMBRES, 1979 g ; DEUSE et LAVABRE, 1979), plusieurs applications sont habituellement nécessaires pour obtenir l'éradication.

Si le premier produit est susceptible de persister un certain temps dans le sol, il n'en est pas de même des deux autres. Dans le cas du glyphosate, il est indispensable d'appliquer le produit sur une végétation bien développée, en pleine croissance et d'attendre suffisamment de temps pour qu'il soit capable de produire tout son effet.

Ces divers produits contrôlent également assez bien, le *Panicum repens*, autre plante héliophile, le *Cynodon dactylon*, le *Paspalum conjugatum* et plusieurs espèces de *Digitaria* qui sont souvent sélectionnées par des herbicides tel que le diuron (Py, 1978).

Pour toutes ces espèces les applications par humectation d'un support utilisant en particulier le glyphosate à la concentration de 12 % m.a., semblent tout particulièrement bien convenir (Anonyme, 1981 b). On peut également faire appel à des herbicides de pré-émergence classiques et, en particulier, le bromacil à des doses relativement élevées (5 à 8 kg m.a./ha) appliqués bien entendu avec des appareils de pulvérisation ordinaires.

Cypéracées

Cyperus rotundus et *Cyperus esculentus* : Ces deux espèces se multiplient soit par graines, soit par voie végétative par des tubercules et/ou des rhizomes. Les premiers sont à la fois des organes de multiplication et de conservation. Pour chaque plante seulement 1 à 2 bourgeons sont capables de germer (VEKL, 1969) mais si les organes souterrains sont fractionnés d'autres bourgeons jusque-là inhibés peuvent se développer. Le travail mécanique du sol peut donc favoriser leur multiplication et les espèces peuvent avec l'emploi continu d'herbicides peu efficaces à leur égard, constituer à la longue la quasi totalité de la flore adventice.

Ces deux espèces sont particulièrement à redouter en culture d'ananas au cours des premiers mois de végétation pendant lesquels elles peuvent totalement étouffer les jeunes plants. A leur égard les herbicides les plus recommandés sont le glyphosate aux doses de 4 à 8 kg/ha et le bromacil aux doses de 3 à 6 kg/ha, le premier étant appliqué sur plantes bien développées, le second en pré-émergence ou sur très jeunes plantules.

Composées (Asteracées)

On redoute plus particulièrement l'*Eupatorium odoratum*, espèce ligneuse susceptible de prendre un grand développement en fin de cycle végétatif de l'ananas, *Mikania scandens*, plante volubile qui grimpe sur les plants et parvient à recouvrir de vastes zones affectant le rendement par réduction de l'activité photosynthétique. Cette dernière adventice provient de graines qui facilement transportées par le vent sont venues se loger au pied des ananas en cours de végétation et qui sont de ce fait peu exposées aux traitements herbicides réalisés en cours de végétation. Des applications à l'aide d'appareils pneumatiques à buses latérales devraient cependant, en petite plantation, pouvoir donner des résultats positifs.

Convolvulacées

Plusieurs espèces variables d'un pays à l'autre sont susceptibles d'envahir les plantations d'ananas après l'induction florale comme le fait *Mikania scandens*, engendrant les mêmes conséquences. Seules, ici encore, des applications localisées en cours de végétation devraient permettre d'éviter ce type d'envahissement. Après récolte l'application généralisée d'herbicides peu phytotoxiques (ex. : amétryne et hexazinone, devrait pouvoir réduire sensiblement l'envahissement.

II. 9.14.2. — Techniques de lutte non spécifiques

II. 9.14.2.1. — BIO-ÉCOLOGIQUES

Favoriser la croissance et le développement des jeunes plants d'ananas est une mesure efficace à l'encontre de la flore adventice. On aura donc intérêt à faire appel à un matériel végétal de belle venue, assez développé, et à le disposer dans un environnement qui lui soit le plus favorable possible. Pour que les premiers apports d'éléments fertilisants ne profitent pas aux adventices on a avantage à les localiser à la base de la plante.

Dans un système à base de rotation de cultures, il est toujours souhaitable de placer l'ananas derrière une plante très « couvrante » telle que le bananier, la canne à sucre... le terrain reste assaini pendant un certain temps. L'implantation dans les inter-rangées d'une plante très couvrante telles que l'arachide, voire des doliques à condition de pouvoir les contrôler, relève de la même préoccupation (LACOEUILHE, 1981).

Une préparation du sol judicieusement réalisée peut largement contribuer à abaisser l'inoculum adventice, elle constitue souvent la technique la plus économique pour les adventices les plus difficiles à détruire en cours de végétation. On a intérêt à travailler des couches de sol de plus en plus profondes de façon à forcer la germination des graines et détruire ou extirper les organes souterrains (sauf dans des cas précis comme indiqué plus haut). Selon les cas on fera appel à des équipements à versoirs ou à dents.

Des appareils à disques ou du type « rotary » sont par contre habituellement déconseillés : en fractionnant les organes souterrains ils favorisent la multiplication (REY, 1981).

En cours de végétation, la destruction « mécanique » est encore pratiquée. Les meilleurs résultats sont obtenus, sans conteste, avec des outils à lames travaillant horizontalement (raclettes, rasettes manuelles ou placées derrière tracteur enjambeur, mini-houes rotatives...) mais ces outils ne peuvent être utilisés efficacement que si les plantes à détruire ne dépassent pas quelques cms.

II. 9.14.2.2. — TECHNIQUES FAISANT APPEL À DES HERBICIDES

Avec des herbicides on intervient essentiellement à quatre périodes du cycle de la plante :

- préparation du terrain ;
- mise en terre des rejets ;
- en cours de végétation ;
- après la récolte du fruit.

• *Préparation du terrain*

C'est à cette époque que l'on a intérêt à intervenir le plus énergiquement pour toutes les adventices difficiles à détruire par la suite (cf. plus haut).

Les herbicides de post-émergence, appliqués donc sur végétation en place, sont particulièrement recommandés à cette période. Le produit pénétrant par le feuillage met un certain temps avant d'atteindre les racines et d'entraîner la destruction de la plante aussi est-il nécessaire d'attendre après leur application suffisamment de temps pour qu'ils puissent exprimer toute leur potentialité en la matière avant de retravailler le sol.

Les herbicides de pré-émergence au vu de leur longue rémanence sont également préconisés par certains auteurs à cette période — parmi ceux-ci le bromacil est un des plus utilisés, particulièrement contre les cypéracées après un travail du sol entraînant une repousse générale.

• *Mise en terre des rejets*

On cherche essentiellement à détruire l'adventice dès la germination de la graine en faisant appel à des herbicides de pré-émergence présentant une action résiduelle marquée susceptible de prévenir toute invasion pendant un laps de temps le plus long possible, mais ne provoquant pas d'effets dépressifs sur la croissance et le développement de la plante.

Deux cas peuvent se présenter suivant que l'espace correspond à la rangée d'ananas est ou non recouvert d'un film de polyéthylène. Dans le premier cas on peut théoriquement limiter l'application d'herbicides aux inter-rangées, cependant les adventices peuvent sortir en touffe au pied des plants ou, cas des cypéracées par exemple, perforer le film.

Aussi quand la préparation du sol n'assure pas un très bon assainissement il est préférable de prévoir une application localisée à l'emplacement des rangées avant la pose du film (indispensable dans le cas de film transparent). Celle-ci n'est donc réalisable qu'en traitement manuel ou à l'aide de tracteur enjambeur. Une application

générale sur l'ensemble de la surface n'assurerait pas une bonne protection dans les inter-rangées inévitablement piétinées au moment de la mise en terre des rejets. C'est pourquoi, même en présence d'un film de polyéthylène, on tend à opérer comme dans le cas d'un sol nu quelle que soit l'importance de la plantation.

Dans le cas où le sol est nu, il est préférable sur le plan de l'efficacité :

- soit de faire l'application en 2 fois : à l'emplacement de la rangée d'ananas juste avant la mise en terre des rejets, puis entre les rangées juste après plantation, là encore la nécessaire localisation de l'application limite l'emploi de cette technique aux petits et moyennes plantations ;

- soit de faire une application sur l'ensemble de la surface immédiatement après la mise en place des rejets mais avant que les rosettes de feuilles d'ananas ne s'ouvrent pour limiter les quantités de produit mises en contact direct avec la zone méristématique la plus vulnérable.

Avec le développement de la mécanisation c'est cette dernière technique qui tend à se généraliser. Les doses de produit utilisées doivent être calculées de façon à éviter une action dépressive sur la croissance de l'ananas.

- *En cours de végétation*

On considère que la plante est particulièrement sensible entre 3 et 5 mois, c'est-à-dire au moment de la période de croissance la plus active. On doit donc s'efforcer de prendre le maximum de précautions lors d'applications à cette période si on ne peut les éviter.

Deux techniques sont là encore possibles :

- applications limitées aux interrangées ;
- applications réalisées sur l'ensemble de la végétation.

Dans le premier cas on peut, comme au moment de la plantation, faire appel à des herbicides de *pré-émergence* (ex. : diuron). Si des adventices ont commencé d'apparaître depuis la plantation un désherbage manuel préalable est souhaitable à moins d'utiliser des herbicides de *pré-émergence* présentant également une certaine efficacité sur jeunes plantules (ex. : amétryne) mais, on le rappelle, il est indispensable qu'elles ne dépassent pas un certain développement. Avec un minimum de précaution tout type d'appareil permettant une application localisée convient pour ce type de produit. On peut également faire appel à des herbicides de *post-émergence* pénétrant par l'appareil foliaire mais il est alors indispensable d'éviter toute projection sur les feuilles d'ananas (photo 144) à moins de disposer d'un herbicide non phytotoxique à l'égard de l'ananas comme le serait le fluzifopbutyl (HORELLOU, 1981). Pour cela, on doit utiliser des appa-

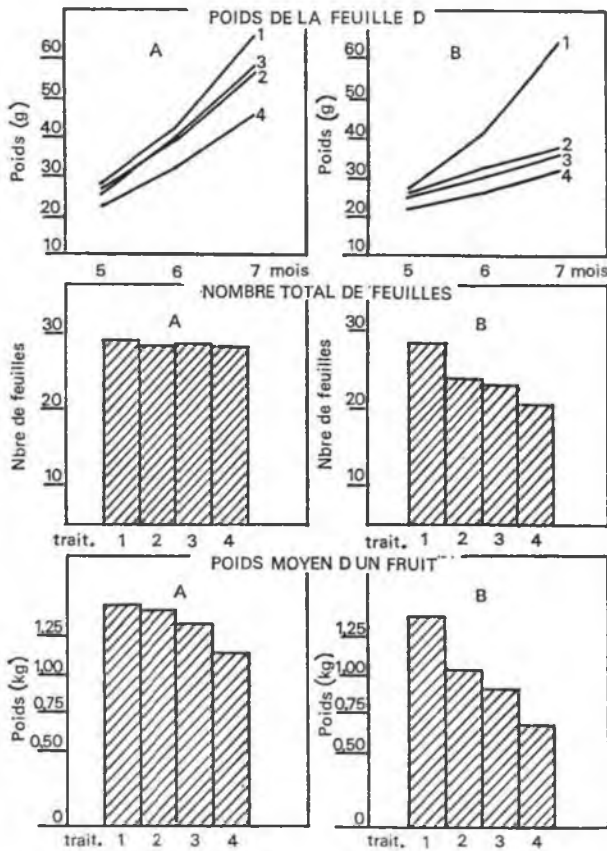


FIG. 71. — Action depressive du bromacil sur la croissance et la récolte de l'ananas. (A : une application à la plantation ; B : seconde application 4 mois plus tard.

Doses : 1. Témoin (désherbages manuels successifs).
 2. 6 kg/ha de Bromacil.
 3. 9 kg/ha de Bromacil.
 4. 12 kg/ha de Bromacil.

reils de pulvérisation classiques munis de protections latérales, ou mieux des appareils à humectation de support : brosses, rouleaux...

Dans le second cas, on doit se limiter à des herbicides de pré-émergence et de préférence se limiter à certains d'entre eux.

Le bromacil, en particulier, est à éviter dans la mesure du possible : il peut avoir une action depressive très marquée sur la croissance et le développement de l'ananas sans manifestations flagrantes de phytotoxicité (fig. 71) (GAILLARD et HAURY, 1974) telles que des chloroses marquées du feuillage « classiques » avec la majorité des herbicides (DEUSE et LAVABRE, 1979) (Photo 42, 143). Avec l'amétryne

on peut faire des applications répétées (en même temps que des applications d'engrais soluble par exemple) à des doses modérées (2 kg m.a./ha). Pour être efficaces de telles applications doivent se réaliser à la germination des graines et par temps frais et humide pour éviter des actions dépressives sur l'ananas. Tout type d'appareil de pulvérisation à grand débit convient à condition qu'il assure une application homogène.

- *Après récolte du fruit*

Dans ce cas on peut, comme plus haut, prévoir une application généralisée, particulièrement souhaitable quand la végétation est partiellement recouverte de plantes volubiles ; les herbicides ayant une action de contact partielle tel que l'amétryne, conviennent plus particulièrement.

En limitant l'application aux interrangées, la gamme d'herbicides utilisables s'élargit et on peut appliquer des doses plus élevées que plus haut, étant donné que les risques de phytotoxicité sont moindres. En faisant appel à des caches on peut même faire appel à des herbicides de post-émergence avec moins de risques que dans le cas d'applications en cours de végétation.

Les principales caractéristiques des produits les plus utilisés actuellement, leur mode d'action, les doses et modalités d'emploi sont précisés sur le tableau 54.

II. 9.14.3. — Quelques précisions sur le matériel d'application

Pour des *applications généralisées* sur l'ensemble de la surface, à la plantation ou en cours de végétation, des appareils de pulvérisation à grand débit, également utilisés pour l'application des engrais et des autres pesticides, conviennent bien surtout quand ils sont équipés de rampes à « faible » débit ($\pm 1\ 000$ /ha) permettant de limiter le coût d'application (temps nécessaire par application : $\pm 1/6$ à $1/20$ de journée) (photos 138 et 141).

Dans le cas d'*applications limitées aux interrangées*, on peut utiliser ces appareils en branchant sur les orifices des rampes des tuyaux souples reliés à des buses que dirigent des ouvriers. Ceci permet de placer la buse à faible distance du sol et de corriger les irrégularités des espacements entre rangées. Cette technique, dite du « jet dirigé » (photo 135) est plus économe en main-d'œuvre que l'application à l'aide de petits *appareils à dos ordinaires* (économie pour l'ouvrier de poids et de mouvements nécessaires à la mise en pression) ce qui amène à 1 j/ha le temps nécessaire par application contre deux dans le cas d'appareils à dos ordinaires. Avec des buses appropriées, la quantité de liquide/ha peut se limiter à ± 500 l./ha.

TABLEAU 54. — Principaux herbicides utilisés en culture d'ananas ou en expérimentation. Toxicité. Principales caractéristiques. Modes et Doses d'utilisation

	Dénominations habituelles	Groupe d'appartenance	Solubilité dans l'eau	Toxicité DL 50 par ingestion pour le rat	Voies de pénétration dans la plante	Mode d'action	Stabilité	Efficacité	Conditions d'emploi recommandées	Périodes d'application recommandées	Dose d'utilisation	Rémanence dans le sol
Herbicides de post-émergence	DALAPON	Acide organique halogéné	Très soluble	9.330 mg/kg	Parties aériennes des adventices, translocation vers la base de la plante			Très efficace à l'égard des Graminées	Pulvérisation sur le feuillage des adventices en pleine croissance	— à la préparation du terrain (à ne jamais utiliser en cours de végétation)	10 à 15 kg/ha	quelques mois
	PARAQUAT	Ammonium quaternaire	Très soluble	157 mg/kg	Parties aériennes des adventices, translocation dans l'ensemble de la plante	Sur les processus de respiration et photosynthèse	Stable en condition acide. Hydrolysé en condition alcaline	Très efficace à l'égard des Graminées et des Monocotylédones	Pulvérisation sur le feuillage des adventices en pleine croissance	— à la préparation du terrain — en cours de végétation dans les interrangées (protections indispensables)	2 à 4 kg/ha 1 à 2 kg/ha	persistance très faible
	GLYPHOSATE		10.000 ppm	4.900 mg/kg	Uniquement parties aériennes des adventices, translocation vers les parties souterraines	Inhibe la synthèse de certains acides aminés aromatiques		Très large spectre d'activité (y compris à l'égard des plantes vivaces)	Pulvérisation sur le feuillage des adventices en pleine croissance	— à la préparation du terrain — en cours de végétation dans les interrangées (protections indispensables)	4 à 8 kg/ha 2 à 4 kg/ha	aucune persistance
	FLUAZIFOPBUTYL (en expérimentation)	Dérivés des aryloxypropioniques	2 ppm	3.300 mg/kg	Parties aériennes des adventices, transport par la sève vers les méristèmes	Perturbe le métabolisme énergétique cellulaire	Peu influencé par le milieu	Très efficace à l'égard des graminées et de la majorité des monocotylédones	Pulvérisation sur le feuillage des adventices en pleine croissance	— en cours de végétation (protection non nécessaire) : se révèle non toxique à l'égard de l'ananas aux doses conseillées	0,250 à 0,500 kg/ha	environ 2 semaines (se transforme rapidement en acide fluazifope)
Herbicides de pré-émergence stricte	DIURON	Urée substituée	42 ppm	3.400 mg/kg	Racines. Translocation vers les parties aériennes	Perturbe la fonction chlorophyllienne	Hydrolysé à la chaleur et en conditions alcalines ou fortement acides	Très efficace à l'égard des Dicotylédones et de certaines Graminées mais pas efficace à l'égard des Cypéracées	Pulvérisation sur le sol nu avant la levée des adventices	— à la préparation du terrain — en cours de végétation : application en généralisée : à faibles doses - application limitée aux interrangées : doses plus élevées possibles	4 à 6 kg/ha 2 à 6 kg/ha	longue rémanence
Herbicides de pré-émergence essentiellement mais également partiellement efficaces en post-émergence	BROMACIL	Uracile	815 ppm	5.200 mg/kg	Racines essentiellement	Inhibe la photosynthèse	Stable mais détruit par la flore microbienne	Large spectre d'activité, très efficace à l'égard des Cypéracées	Pulvérisation sur le sol nu avant la levée des adventices Pulvérisation sur adventices au stade 2 à 4 feuilles	— à la préparation du terrain (contre les Cypéracées) — à la plantation — en cours de végétation en application limitée aux inter-rangées	4 à 6 kg/ha 2 à 4 kg/ha 1 à 2 kg/ha	longue rémanence
	ATRAZINE	Triazine	28 ppm	3.080 mg/kg	Racines essentiellement mais également en partie par les feuilles	Inhibe la photosynthèse	Stable en condition neutre ou faiblement acide ou basique	Très efficace à l'égard des Graminées et de nombreuses dicotylédones	Pulvérisation sur le sol nu Pulvérisation sur très jeunes plantules	— à la plantation — en cours de végétation : application généralisée à faible dose - application limitée aux inter-rangées (doses plus élevées possibles)	4 à 6 kg/ha 2 à 6 kg/ha	Plusieurs mois
	AMETRYNE	Triazine	185 ppm	1.405 mg/kg	Feuilles et racines	Inhibe la photosynthèse	Hydrolysé en condition fortement acide ou alcaline	Très efficace à l'égard de la majorité des dicotylédones et d'un nombre important de Graminées. Pas d'efficacité à l'égard des Cypéracées	sur jeunes adventices	— en cours de végétation : application en généralisée à faible dose - application limitée aux inter-rangées (doses plus élevées possibles)	2 à 6 kg/ha	Quelques mois
	HEXAZINONE	Triazinone	Très soluble	1.690 mg/kg	Feuilles et racines	Inhibe la photosynthèse	Sujet à la photo-décomposition en dilution légère ; détruit par la flore microbienne	Très efficace à l'égard de nombreuses dicotylédones et Graminées (sauf <i>Cynodon dactylon</i>), pas efficace à l'égard des Cypéracées	Pulvérisation sur le sol nu avant la levée des adventices Pulvérisation sur jeunes adventices	— à la préparation du terrain — en cours de végétation : application limitée aux inter-rangées — après récolte sur l'ensemble de la végétation	1 à 4 kg/ha 0,5 à 1 kg/ha	Plusieurs mois
	METOLACHLOR	Acetanilide	530 ppm	2.780 mg/kg	Racines et hypocotyles	Inhibe la germination, agit sur tigelle		Très efficace sur graminées dont digitaires et sur certaines dicotylédones	Pulvérisation sur le sol nu avant la levée des adventices	— à la préparation du terrain — à la plantation	1,5 à 2 kg/ha	Plusieurs mois

Les deux autres types d'appareil, de type individuel, couramment utilisés pour traiter les interrangées comprennent :

— les *appareils de pulvérisation pneumatiques* qui ont l'avantage de n'utiliser que 10 à 20 l de solution/ha et de permettre si nécessaire une bonne pénétration du brouillard à l'intérieur des rangées d'ananas ;

— les *appareils de pulvérisation centrifuge à moteur électrique* mus par des piles (photo 133) ou mieux des photopiles permettant d'utiliser avec peu de véhicule-eau additionnel les formulations « flowable ». Les doses de liquide/ha sont alors ramenées à moins de 10 l/ha. On estime à 1/4 de j le temps moyen nécessaire par application pour ces 2 derniers types d'appareil.

Avec tous ces types d'appareils on ne peut cependant éviter des projections sur les feuilles à moins de faire appel à des appareillages spécialement adaptés à ce type de culture, ou d'aménager des protections latérales particulières. Ces dernières cependant sont habituellement insuffisantes pour appliquer en toute sécurité des herbicides de post-émergence. Pour ceux-ci sont, sans aucun doute possible, préférables les *appareils à humectation d'un support*. Des modèles à rouleaux, imprégnés de préparation herbicide, situés à des hauteurs réglables et dont la largeur serait réglable, devraient tout particulièrement convenir en petite culture d'ananas.

L'emploi de formulations granulées n'a fait, jusqu'à présent, que l'objet d'études préliminaires.

II. 9.14.4. — Quelques conseils pratiques concernant l'application des herbicides

Herbicides de pré-émergence stricts (ex. : diuron)

Ils ne sont efficaces à faible dose qu'en l'absence de toute végétation, ce qui suppose une destruction préalable des adventices déjà développées. Leur application est particulièrement recommandée à la mise en terre des rejets.

Herbicides de pré-émergence ayant une certaine efficacité de post-émergence (ex. : bromacil et d'une façon plus marquée : ametryne)

Il est indispensable que la plante adventice ne dépasse pas le stade 2-4 feuilles pour qu'ils soient efficaces à faible dose. L'adjonction d'adjuvant renforce habituellement leur efficacité ; leur emploi est donc particulièrement recommandé à la plantation ou peu après.

Lorsqu'ils sont appliqués en cours de végétation on a, ici encore, le plus souvent intérêt à réaliser au préalable un désherbage méca-

nique ou chimique (à base d'herbicides de post-émergence) faute de quoi des doses importantes sont nécessaires avec toutes les conséquences que cela comporte sur le plan des risques encourus comme sur le plan des coûts.

Comme les premiers, ils doivent être appliqués sur sol humide ou mieux avant une période modérément pluvieuse. En période sèche, ils ne pourront agir qu'après une pluie et pendant cette période de latence, certains d'entre eux risquent de perdre une partie de leur efficacité (cas du diuron en particulier).

L'application doit être très homogène et il faut chercher à éviter toute intervention risquant d'altérer d'une façon ou d'une autre la pellicule de produit appliquée au sol. Ceci est d'autant plus impératif, que le volume d'eau utilisé est restreint.

Herbicides de post-émergence

En opérant par pulvérisation, on a intérêt à moduler le volume d'eau en fonction de celui de la végétation à détruire. Cette remarque est moins impérative cependant quand on fait appel à des appareils adéquats à humectation d'un support qui tendent à coucher la végétation à détruire.

Pour tout type d'herbicide, il est toujours préférable d'éviter des applications entre l'induction florale et la récolte. Celles-ci risquent de l'affecter aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif (JORDAN et O'MARA, 1976), c'est le cas en particulier du dalapon dont l'emploi est de toute façon à proscrire en cours de végétation.

Dans le cas de rotation de cultures, on a avantage à préférer l'amétryne dont la rémanence dans le sol n'est que de quatre mois, au bromacil et au diuron beaucoup plus rémanents (deux à quatre ans au total).

Pour les dernières applications avant changement de culture, on aura tout intérêt à faire appel au glyphosate qui est non rémanent, mais il est alors indispensable d'utiliser une appareillage éliminant tout risque de projection.

II. 10. — TRAITEMENT D'INDUCTION FLORALE

Une maîtrise complète de la floraison suppose que l'on parvienne à prévenir les inductions « sauvages ». Les techniques n'étant pas encore au point dans le cas de l'ananas (I. 3.4.1.3) on ne traitera dans ce qui suit que l'induction florale artificielle.

Le traitement d'induction florale (T.I.F.) est une technique relativement ancienne (cf. chap. I. 3.4.1.2) et représente la particularité la plus remarquable de la culture de l'ananas. Il permet d'échapper aux cycles « naturels » de fructification (cf. I. 4.1.1.3) et ses avantages sont multiples :

- choix de la période de récolte d'où un meilleur ajustement aux contraintes du marché mais aussi du climat : possibilité d'éviter les époques de mauvaise qualité, que ce soit pour des raisons physiologiques ou parasitaires ainsi que d'orienter la culture en fonction des périodes de forte ou faible croissance ;

- choix du poids du fruit puisque celui-ci est fonction de la taille du plant au moment de l'induction florale (cf. I. 3.4.3) d'où là encore une meilleure réponse aux contraintes économiques ;

- regroupement de la récolte d'où une diminution de son prix de revient et un accroissement du tonnage par réduction du nombre de fruits perdus, pour cause de surmaturité par exemple ;

- raccourcissement du cycle d'où une meilleure rentabilisation des surfaces exploitées ;

- plus grande facilité de gestion pour l'exploitation agricole.

De plus, seul ce traitement par l'homogénéisation de la fructification au niveau d'une parcelle rend possible la réalisation des récoltes successives sans replantation. Dans certaines conditions, seule cette possibilité assure la rentabilité de la culture d'ananas.

L'ensemble de ces avantages est tel que, sauf dans des systèmes d'exploitation proches de la cueillette, il n'est pas envisageable d'entreprendre la culture d'ananas sans le recours à ce traitement.

Les différents facteurs qui conditionnent sa réussite ont été exposés plus haut (cf. I. 3.4.1.2). On rappellera simplement que :

— le plant doit avoir atteint un certain stade de développement, mais que l'induction artificielle devient difficile sur des pieds trop volumineux ;

— un redémarrage trop vigoureux de la croissance, dû à une reprise des pluies ou des apports d'engrais après un arrêt prolongé, diminue la réceptivité du plant ;

— les conditions climatiques favorables à une différenciation florale naturelle — jours courts, températures fraîches, nébulosité élevée — facilitent la réussite de ce traitement.

II. 10.1. — LES DIFFÉRENTS PRODUITS UTILISÉS MODE D'APPLICATION ET EFFETS

Une induction florale artificielle ne se conçoit que si la réponse est homogène au niveau de la parcelle traitée. Il faut donc s'assurer que tous les plants soient atteints par le traitement, d'où la nécessité de veiller tout particulièrement à l'uniformité des applications réalisées et le recours dans certains cas à des volumes d'eau importants ou à l'application plant par plant.

Il est évidemment indispensable que le produit pénètre dans la plante et bien que l'absorption semble rapide (cf. chap. I. 3.4.1.2), il est d'usage de considérer comme nul un traitement auquel succède, dans les heures suivantes, une pluie d'une intensité suffisante pour chasser du cœur de la plante la solution appliquée.

II. 10.1.1. — L'éthylène gazeux

C'est le premier produit dont l'efficacité a été reconnue (RODRIGUEZ, 1932 ; KERNS, 1936), mais bien qu'il soit un des plus performants, son emploi a été longtemps handicapé par son état gazeux. Le principe de son utilisation consiste à pulvériser sur l'ensemble des plants une solution saturée en gaz, obtenue en injectant sous pression de l'éthylène à partir d'une bouteille de gaz comprimé.

Étant donné la faible solubilité de ce gaz dans l'eau (1/9 en volume à 25° C soit environ 1/7 000 en poids), l'injection doit se faire juste avant la pulvérisation. L'emploi de tracteur enjambeur ou d'appareil de pulvérisation à rampe latérale sur lequel est fixé le système d'injection est donc indispensable. Cette technique est alors réservée aux plantations mécanisées. La dose d'éthylène employée à l'hectare est d'environ 800 g par application (DERICKE, 1974). Le volume d'eau doit être très important : 6 à 8 000 l et la répartition sur les plants très homogène (PERRIN, 1976). Pour augmenter la rétention du gaz dans l'eau, on adjoint un adsorbant — charbon actif à 0,5 ‰

ou bentonite à 1 % — et on doit préférer une eau fraîche. Il est recommandé d'utiliser un injecteur industriel dispersant le gaz en très petites bulles et assurant une homogénéisation juste après l'injection. Tout brassage de la solution doit, par la suite, être rigoureusement évité.

L'efficacité de ce traitement est remarquable, mais il est préférable de le pratiquer de nuit, sauf en période de très faible ensoleillement ou favorable à la floraison naturelle et de le répéter deux fois à 2 ou 3 jours d'intervalle.

L'éthylène gazeux peut être considéré comme le produit de référence tant pour ses effets sur le développement de l'inflorescence, la qualité du fruit que sur la production de rejets.

II.10.1.2. — Le carbure de calcium - l'acétylène

Après l'éthylène, le carbure de calcium est le produit le plus anciennement utilisé pour sa production d'acétylène lorsqu'il est mis en contact avec l'eau (COLLINS, 1935 ; KERNS, 1936).

L'application se fait directement au cœur de la rosette :

— soit sous forme solide à l'aide de petits grains de carbure à la dose de 1 g par plant environ (SINGH et RAMESHWAR, 1976). Le dégagement d'acétylène ne peut alors se produire que par réaction avec de l'eau contenu dans le cœur du plant. Cette technique peut occasionner des brûlures plus ou moins limitées par l'imbibition des grains de carbure dans du gas-oil ;

— soit sous forme de bouillie aqueuse de moins de 0,5 à 1 % (ABUTIATE, 1977). Celle-ci doit évidemment être préparée juste avant son emploi de préférence dans un récipient hermétiquement clos pour permettre par agitation, une dissolution maximale du gaz dans l'eau. Un volume d'air doit cependant être conservé pour que le dégagement gazeux se produise sans risque. Ainsi dans un récipient de 200 l et pour 500 g de carbure concassé, on n'adjoindra que 150 l d'eau. Certains se contentent de récipients ouverts ; les résultats sont alors légèrement inférieurs. La bouillie obtenue est appliquée au cœur de chaque plante en quantité suffisante pour en déborder (au moins 50 ml). Cette technique est donc également manuelle, mais elle est au niveau de l'application dans le plant plus facile à mettre en œuvre que la précédente et globalement préférable (DAS *et al.*, 1965 ; WU, 1966).

Les traitements au carbure dépendent des mêmes paramètres — température de l'eau, heure d'application, répétition du traitement et conditions climatiques — que ceux à l'éthylène gazeux ; ils

présentent une efficacité et des effets comparables. L'intérêt des traitements de nuit en particulier a été maintes fois mis en évidence (PY *et al.*, 1957 ; WU, 1966 ; ALDRICH et NAKASONE, 1975 ; ABUTIATE, 1977).

Le cuivre — et l'argent — formant avec l'acétylène des acétylures qui explosent spontanément, l'emploi de tout matériel contenant ce métal est à proscrire.

II. 10.1.3. — L'acide alphanaphtalène acétique (A.N.A.) ou son sel de soude (S.N.A.)

Ce produit, dont l'intérêt a été mis en évidence dès 1945 par VAN OVERBEEK, est globalement le moins efficace (NORMAN, 1972 ; GLENNIE, 1974 ; KEETCH *et al.*, 1975). Il doit être réservé aux régions les plus éloignées de l'équateur ou aux zones d'altitude et aux époques favorables à l'induction florale naturelle. PY considère que ce produit ne peut qu'avancer la floraison naturelle de deux mois et demi au maximum (PY *et al.*, 1965).

Les doses utilisées varient de 0,25 à 1 mg par plant (VAN OVERBEEK, 1946 ; POIGNANT, 1967) ; elles sont apportées par pulvérisation généralisée ou application au cœur de solution de 10 à 200 ppm (GLENNIE, 1974 ; DAS, 1964 ; HUSSAIN *et al.*, 1973). Des quantités trop importantes peuvent induire des accidents physiologiques et retarder la floraison. Pour augmenter son efficacité, le traitement peut être répété à des intervalles relativement importants : huit à neuf jours en Guinée pour PY *et al.* (1965), mais jusqu'à vingt et un jours en Afrique du Sud ou Australie (KEETCH *et al.*, 1975 ; GLENNIE, 1974).

Ce produit décomposé par la lumière, d'autant plus vite que la température est élevée (LEEPER *et al.*, 1962), donne les résultats les meilleurs par temps couvert ou pluvieux (PY et TISSEAU M. A., 1965) et surtout de nuit (YI LING, 1974).

Pour des raisons de solubilité dans l'eau, le sel de soude (S.N.A.) est préféré à l'acide pur (A.N.A.). Les applications peuvent également avoir lieu sous forme solide (SENANAYAKE, 1974).

L'induction florale à l'A.N.A. entraîne des effets en général moins favorables que ceux provoqués par un traitement aux hydrocarbures :

- les fruits ont un nombre d'yeux élevé et sont plus lourds, mais les yeux du haut du fruit se remplissent mal et la conicité du fruit diminue son intérêt pour la fabrication de tranches ;
- le pédoncule floral est plus long, d'où un risque accru de verse ;
- la production de bulbilles est nettement diminuée ;
- la récolte est retardée.

II. 10.1.4. — La beta hydroxyethylhydrazine (B.O.H.)

Ce composé, qui est un générateur d'éthylène, est plus efficace que l'A.N.A. Son intérêt a été mis en évidence en 1955 par GOWING et LEEPER. Il peut être appliqué par pulvérisation généralisée, à la concentration de 1 000 à 3 000 ppm (GLENNIE, 1974 ; KEETCH *et al.*, 1975 ; CHEW et MALEK, 1978 ; BERRILL, 1964 ; APT, 1969), dans 2 000 à 3 000 l d'eau à l'hectare. Les traitements de nuit sont les plus efficaces. Le pédoncule est plus court, la production de rejets moins affectée et surtout la forme du fruit beaucoup plus cylindrique qu'avec l'A.N.A.

Pour des raisons de disponibilité et de toxicité humaine, ce produit est peu utilisé.

II. 10.1.5. — L'éthéphon ou acide 2-chloroethanephosphonique

C'est le générateur synthétique d'éthylène le plus employé en agriculture ; son efficacité pour l'induction florale de l'ananas est bien supérieure à celle de l'A.N.A. mais reste inférieure à celle des hydrocarbures (COOKE et RANDALL, 1968 ; PY et GUYOT, 1970 a ; GUYOT et PY, 1970). Elle est essentiellement limitée par la lenteur de la décomposition du produit (TEISSON, 1979 c). L'efficacité des traitements est accrue lorsqu'on rajoute à la solution de l'urée (DASS *et al.*, 1976 ; GLENNIE, 1974 ; KEETCH *et al.*, 1975) qui pourrait agir en facilitant l'absorption de l'éthéphon (YAMADA *et al.*, 1965). L'application se fait alors par pulvérisation généralisée au volume de 2 à 3 000 l/ha de solution contenant 100 à 500 ppm d'éthéphon et 2,5 à 5 % d'urée. Les doses les plus fortes sont réservées pour les époques où l'induction florale est la plus difficile. Des améliorations peuvent être également obtenues par l'adjonction d'alcalinisant qui accélèrent l'émission d'éthylène (WARNER et LEOPOLD, 1969) : borate à 0,5 % (GLENNIE, 1981 a) ou carbonate (DASS *et al.*, 1976). Dans ce dernier cas et avec des applications manuelles au cœur de la plante, des concentrations d'éthéphon aussi basses que 10 ppm sont encore actives.

Si la lenteur de dégagement d'éthylène peut être un inconvénient pour l'efficacité du traitement, elle peut être à l'origine des avantages au niveau de sa réalisation : la répétition est inutile et l'heure d'application indifférente sauf quand la température maximum journalière approche ou dépasse 30° C (GLENNIE, 1981 a). A ces températures le CO₂ freinerait la décomposition de l'éthéphon en éthylène et aurait tendance à contrecarrer son effet (cf. I. 3.4.1.3).

L'emploi de l'éthéphon présente quelques inconvénients. Les doses les plus fortes ont tendance à diminuer le poids du fruit. L'ad-

jonction d'urée peut diminuer l'acidité du fruit (cf. I. 4.1.4) et favoriser un allongement excessif du pédoncule et donc la verse ultérieure des fruits. En conditions climatiques peu favorables à la différenciation florale, l'emploi de l'éthéphon se traduit par un retard et surtout un étalement très important de la floraison puis de la récolte (TEISSON, 1981). Quelques auteurs par ailleurs suspectent ce produit d'entraîner une diminution de la production de rejets.

Par contre, la couronne du fruit est souvent plus grosse qu'avec d'autres agents inducteurs, ce qui est un avantage lorsqu'elle sert de matériel de plantation (GONZALES *et al.*, 1975 ; IGLESIAS, 1979 ; TEISSON, 1979 c).

L'éthéphon présente de toute façon de tels avantages par sa facilité d'emploi que son utilisation est de plus en plus fréquente dès que les conditions climatiques permettent une bonne efficacité.

II. 10.1.6. — Autres produits ou formulations

Les autres composés susceptibles d'induire la floraison et en particulier les composés auxiniques (cf. I. 3.4.1.2) ne sont généralement plus utilisés au niveau des exploitations à cause de leur efficacité médiocre ou des accidents végétatifs qu'ils sont susceptibles de provoquer. Le 2,4-D, le plus dangereux à cet égard, est cependant encore employé de façon très restreinte en versant dans le cœur de la plante 50 ml d'une solution de 5 à 10 ppm (GIACOMELLI et PY, 1981). Avec ce produit, le pédoncule est très court mais le nombre de bulbilles est diminué. La récolte est par ailleurs très tardive (HUSSAIN *et al.*, 1973).

La réalisation du traitement d'induction florale par voie solide présente un intérêt dès que l'acheminement des importantes quantités d'eau nécessaires est problématique. Ce peut être le cas en particulier de petites exploitations disséminées dans une région où les cours d'eau sont peu nombreux ou temporaires. Jusqu'à présent, seul le carbure et l'A.N.A. sont utilisables mais avec les inconvénients déjà signalés. L'utilisation de formulation à base d'éthéphon semble possible ; la mise au point de cette technique pose des problèmes (TEISSON, 1979 c) mais pourrait être acquise prochainement.

Une autre voie également à l'étude consiste en l'utilisation de structures cristallines capables de piéger l'éthylène gazeux puis de le restituer en milieu liquide.

L'utilisation préalable de produits ralentissant la croissance de la plante est également envisagée pour améliorer, dans certaines conditions climatiques, l'efficacité des techniques déjà existantes (GLENNIE, 1981 a).

Empêcher des différenciations « sauvages » peut être également

nécessaire dans certaines conditions climatiques ; pour cela on cherche à intervenir dans la séquence des précurseurs de l'éthylène fabriqué par la plante pour en bloquer la formation. Dans l'état actuel des connaissances, elle peut se résumer comme suit :

méthionine → S adénoylméthionine (SAM) → acide 1 aminocyclopropane 1 carboxylique (A.C.C.) → éthylène (LÜRSSEN, 1982 ; MEKERS *et al.*, 1982).

II.10.2. — CHOIX DU PRODUIT POUR L'INDUCTION FLORALE

Les principales caractéristiques des produits florigènes les plus employés sont résumées dans le tableau 55. Le coût du traitement de floraison est en général minime par rapport aux autres charges de la culture. L'efficacité et la facilité d'emploi seront donc les critères essentiels pour le choix de la technique adaptée. Ils sont cependant partiellement contradictoires. Dans les grandes plantations mécanisées, l'importance du traitement d'induction florale est telle que seule peut être retenue la technique assurant une réussite pratiquement totale. Il existe ainsi, dans celles-ci, en fonction des conditions géographiques et climatiques, une véritable hiérarchisation des différents procédés, qui peut être illustrée par les exemples du tableau 56.

TABLEAU 55

Caractéristiques des différents traitements d'induction florale
Doses indicatives pour 50 000 pieds/ha

	Ethylène gazeux	Acétylène gazeux	Ethephon	ANA
Efficacité	Excellente	Excellente	Bonne mais moins fiable	Fonction du climat
Répétition	Préférable	Préférable	Inutile	Nécessaire
Mécanisation	Obligatoire	Difficile	Possible	Possible
Dose m.a./ha par passage	800 g	8 kg carbure	500 à 1500 g.	200 g
Quantité d'eau /ha/passage	6 000 l	2 500 l	2 000 l	2 000 l
Adjuvant	charbon actif : 3 kg ou bentonite : 60 kg		urée : 100 kg et/ou Borax : 10 kg	
Remarques	Difficile d'emploi en petites parcelles	Application solide possible	Le moins dépendant de l'heure de traitement	Coût le plus faible Application solide possible

TABLEAU 56

**Utilisation des produits florigènes les plus courants
en fonction des zones de production**

	Latitude	ANA	Éthéphon	Éthylène ou Acétylène
Hawaii	22°	Périodes de différenciation naturelle	Toute l'année	Toute l'année
Martinique	15°		En altitude	En tout lieu
Côte-d'Ivoire ..	5°			Exclusivement

Lorsque la programmation de la production peut être moins rigoureuse, cas des petites exploitations par exemple, un certain étalement de la récolte et un relatif manque d'efficacité pourront être acceptés et la facilité du traitement pourra être le critère le plus important dans le choix de la technique.

II. 10.3. — ACTIONS COMPLÉMENTAIRES

Dès que possible, en fonction de la vitesse de développement de l'inflorescence (cf. I. 3.4) il est souhaitable de réaliser un contrôle de l'efficacité du traitement d'induction florale pratiqué. Au bout de 3 semaines environ, on peut observer la morphologie de l'apex sur une section longitudinale de la tige d'un certain nombre de plants (cf. I. 3.5.1). Les plants qui émettent effectivement une inflorescence peuvent être dénombrés 6 à 10 semaines après le traitement d'induction florale. Entre ces deux dates, on peut également estimer la réussite du traitement en observant le profil des jeunes feuilles (cf. I. 3.5.1). Le nombre de facteurs entrant en jeu dans la réussite du traitement de floraison étant élevé, ce contrôle est préférable au niveau de chaque parcelle même lorsque la technique semble bien maîtrisée. Il est indispensable en particulier pour permettre une estimation de la production, élément primordial dans la gestion de l'exploitation.

Lorsque la réussite du traitement a été médiocre et que le pourcentage de plants fleuris par rapport aux plants traités est trop faible, on peut être amené à réaliser un nouveau traitement d'induction florale. En fonction des contraintes socio-économiques, le seuil de rentabilité de ce nouveau traitement se situe à des niveaux différents.

Dans le cas d'induction au carbure en périodes ou en zones favorables au *Phytophthora* spp., un traitement fongique peut être nécessaire (cf. II. 9.1).

II. 11. — PRÉPARATION DU FRUIT - RÉCOLTE

Après l'induction florale le nombre et la nature des travaux à réaliser dépend essentiellement de la destination des fruits : commercialisation en frais ou transformation en conserverie. A ces deux fins économiques correspondent des critères différents de qualité. Par ailleurs les fruits commercialisés frais présentent, en général, une valeur marchande individuelle bien supérieure à celle des fruits destinés à la conserverie ; ils pourront donc supporter des dépenses qui ne peuvent être envisagées pour les seconds. Dans de nombreux cas cependant les deux types de production ne sont pas nettement séparés, les fruits frais n'étant différenciés qu'au moment de la récolte, par un choix basé sur le poids et la maturation.

Avant la récolte, les interventions possibles concernent :

- l'application de divers composés susceptibles d'augmenter le poids du fruit ;
- la réduction des couronnes ;
- la protection contre les coups de soleil.

D'autres opérations peuvent être réalisées — comptage des fruits et traitements phytosanitaires par exemple — ; celles-ci sont décrites par ailleurs.

Directement liés à la récolte des fruits se posent les problèmes délicats de la détermination du meilleur stade de cueillette, des traitements visant à regrouper la récolte et de son organisation proprement dite.

II. 11.1. — PRÉPARATION DU FRUIT

II. 11.1.1. — Augmentation du poids du fruit par traitements après l'induction florale

Plusieurs composés sont susceptibles d'augmenter le poids du fruit à la récolte (cf. I. 3.5.3). Leur action se fait par une amélioration du remplissage, en particulier dans la partie haute du fruit. Cet effet

peut être lié à un retard de la maturation du fruit et donc à une accumulation prolongée des métabolites. La précocité des dates d'application efficace suggère cependant l'intervention d'autres phénomènes.

Les travaux sur l'acide α -naphtylacétique (A.N.A.) ou son sel de soude (S.N.A.) ont été relativement nombreux car l'accroissement du poids du fruit est parfois spectaculaire (POIGNANT, 1969 a et 1970 ; KWONG et CHIU, 1968 ; BOWDEN, 1969 ; HUANG, 1973). Les conditions de traitement sont assez variables ; le S.N.A. peut être utilisé de 100 à plus de 200 p.p.m. de un à deux mois avant récolte. Celle-ci est retardée d'environ quinze jours et le poids du fruit peut être augmenté de plus de 20 %. Cette augmentation de poids est obtenue par un meilleur remplissage des yeux du haut du fruit, le diamètre de la partie haute du fruit est alors accru et, dans le cas de l'ananas usine, un plus grand nombre de tranches peut être obtenu. Le traitement s'accompagne également d'un accroissement du diamètre du pédoncule et donc d'une meilleure résistance à la verse.

Cependant, l'allongement de la période de maturation ainsi que le fort ralentissement de la coloration extérieure peuvent sans transition conduire à une surmaturation brutale et à la perte totale du fruit.

Les traitements au S.N.A. entraînent également une baisse importante de la teneur en sucres accompagnée ou non d'une hausse de l'acidité, une fermeté parfois excessive de la chair qui présente des zones blanchâtres, un accroissement préjudiciable du diamètre du cœur et, surtout, une prolifération de crevasses épidermiques. Enfin on observe parfois un ralentissement de l'émission de rejets par les plants traités.

Les inconvénients dépassent donc souvent les avantages au point que les fruits traités peuvent être refusés à l'usine (Anonyme, 1973) et de tels traitements, préconisés il y a quelques années, sont de plus en plus rarement réalisés.

L'acide 2-4-dichlorophenoxyacétique (2,4-D) pourrait présenter des effets voisins mais l'écart entre doses utiles et phytotoxiques est si faible que son emploi ne peut pas être envisagé (SANFORD, 1979).

Les travaux actuels portent sur l'emploi des dérivés de l'acide 2-(3-chlorophenoxy)propionique (DALLDORF, 1978 b ; LACOEUILHE, 1980). Ces composés sont utilisés à des doses variant, en fonction de la localisation et du cycle, de 75 à 375 g de m.a. par hectare, dans 1 000 à 2 500 l d'eau.

Le traitement se fait très tôt : juste après la fin de la floraison vraie, lorsque les pétales sont secs. Il peut entraîner un retard de la coloration externe de 15 jours et augmenter le poids du fruit, par accroissement surtout du remplissage des yeux du haut, de plus de 20 %. Avec les concentrations les plus fortes, la qualité des fruits a tendance à être modifiée : baisse de la teneur en sucres et augmenta-

tion ou baisse de l'acidité suivant les caractéristiques climatiques lors de la formation du fruit (VIEIRA et de SARMENTO GAOELHA, 1981). Ces effets sont cependant moins nets et constants qu'avec le S.N.A. Le poids de la couronne est très nettement diminué, ce qui est un avantage dans le cas d'exportation en frais, mais peut présenter un inconvénient quand la couronne est utilisée comme matériel végétal de plantation. Dans le cas de plusieurs couronnes par fruit, leur nombre est habituellement diminué et la forme du fruit améliorée.

II. 11.1.2. — Réduction des couronnes

La réduction des couronnes de fruits commercialisés en frais a pour but de rendre plus attrayant l'ensemble fruit couronne et surtout d'en diminuer le poids et le volume ce qui réduit le coût du transport. En contrepartie la faible taille de la couronne ne lui permet plus de jouer le rôle de protection contre les chocs en cours de transport, surtout lorsque les fruits sont placés horizontalement. L'utilisation d'emballages efficaces — et donc coûteux — est nécessaire. Cette opération ne se pratique en fait que dans un nombre restreint de pays (Açores et surtout Afrique de l'Ouest) mais ceux-ci assurent l'essentiel de l'approvisionnement européen. La réduction est réalisée par destruction de l'apex au cours de la croissance de la couronne.

Cette destruction est effectuée à l'aide d'une gouge métallique avec laquelle on extrait les jeunes feuilles et l'apex (photo 158). Lorsqu'elle a lieu suffisamment tôt avant la récolte du fruit, la blessure se cicatrise bien et il n'y a aucun risque de pourriture. En Côte-d'Ivoire, cette opération est réalisée entre la 12^e et la 17^e semaine après le traitement de floraison, la hauteur de la couronne étant à cette époque comprise entre 5 et 13 cm qui sont les limites imposées par les normes locales d'exportation. La réduction nécessite une main-d'œuvre expérimentée et fiable : une pénétration trop profonde de la gouge peut détériorer le fruit et une pénétration insuffisante peut rendre l'intervention inefficace. Malgré le traitement d'induction florale qui rend synchrone la différenciation des plants d'une même parcelle, les couronnes ne se développent pas toutes au même rythme et n'atteignent pas au même moment la taille requise. Par ailleurs il est préférable, pour des raisons esthétiques, que la taille de la couronne soit en rapport avec celle du fruit. Dans ces conditions plusieurs passages sont nécessaires au sein d'une même parcelle : en moyenne quatre à une semaine d'intervalle. Un ouvrier peut traiter de 1 000 à 2 000 couronnes par journée (BOUFFIN, 1979). Le coût de l'opération est donc très élevé et prohibitif dans de nombreux pays.

Ce coût pourrait être abaissé par une réduction par voie chimique ; mais les essais réalisés à l'aide d'hormones de synthèse

n'ont pas donné de résultats satisfaisants (GUYOT, 1970). Cependant un nouveau produit, l'acide 2-3(chlorophenoxy)propionique peut présenter un certain intérêt (cf. I. 3.5.3) bien que les couronnes puissent être abîmées.

L'ablation totale de la couronne est pratiquée dans certains cas : elle est réputée accroître le poids moyen des fruits et les rendre plus cylindriques. Les essais, conduits sur ce sujet, ont donné des résultats très variables (SILVY, 1955 ; DALLDORF, 1975 c). Cette technique présente en outre les inconvénients de faire perdre du matériel de plantation et d'augmenter sensiblement les coups de soleil.

Cette ablation peut être réalisée deux semaines avant la récolte du fruit lorsqu'on craint un développement excessif de la couronne, cette situation était parfois rencontrée en Martinique.

Dans certaines conditions, en fonction du climat et de la variété (cf. I. 4.1.4.3.3.) les couronnes multiples peuvent être fréquentes. Si elles ne sont pas trop nombreuses, et relativement bien individualisées, on peut en ôter quelques-unes. Pour cela elles doivent être détachées d'un geste sec et suffisamment tôt pour que la cicatrisation soit parfaite au moment de la récolte du fruit.

Les traitements à l'acide 2-3(chlorophenoxy)propionique tels que mentionnés précédemment pourraient avoir pour effet de diminuer le nombre de couronnes multiples (CAVARD, 1981).

L'enlèvement des bulbilles ne s'envisage que lorsqu'elles sont en nombre tel qu'elles peuvent porter préjudice au développement du fruit (cf. « Collar of slips » I. 2.1.3). Cette situation est relativement rare, les clones présentant ce type de comportement étant progressivement éliminés par sélection massale.

II. 11.1.3. — Protection contre les coups de soleil

Les coups de soleil, surtout lorsque les fruits ont versé, peuvent avoir des conséquences très graves (cf. I. 4.1.4.3.1) (photos 27, 28, 29 et 65), allant jusqu'à la perte totale du fruit ou tout au moins dans le cas des productions pour l'usine à son déclassement vers des productions peu valorisantes. Les risques de coup de soleil sont cependant très variables en fonction de la latitude, l'époque de l'année, l'exposition de la parcelle et la fréquence des vents. Ces risques peuvent être diminués en évitant par un traitement d'induction florale bien programmé les récoltes aux époques à ensoleillement excessif ou en assurant à la plante de bonnes conditions de croissance pour qu'à la récolte elle présente un système foliaire abondant et un péduncule fort, d'une longueur non excessive pour éviter la verse.

La protection directe du fruit est une opération onéreuse qui ne peut s'envisager essentiellement que pour les fruits exportés en frais.

Divers types d' « accidents » rencontrés couramment
en culture d'ananas - I



PHOTOS 142 et 143. — « Chloroses » dues à des doses excessives
d'herbicides à action résiduelle. (Cliché Sarah).



PHOTO 144. — Conséquences de la
projection d'herbicide de contact
sur feuille d'ananas.

(Cliché Hayot).

PHOTO 145. — Brûlures de base de
feuilles dues à une application
trop concentrée d'un pesticide.

(Cliché Sarah).



Divers types d' « accidents » rencontrés
couramment en cultures d'ananas - II



PHOTO 146. — Brûlures de base de feuilles consécutives à une localisation trop haute sur la plante d'un apport d'engrais sous forme solide.

(Cliché Lacoëuilhe).

PHOTO 147. — Nécroses sur feuilles dues à une application d'une solution trop concentrée de chlorure de potassium.

(Cliché Marchal).



PHOTO 148. — Courbure de plant consécutive à une altération mécanique de la tige à proximité de l'apex.

(Cliché Lacoëuilhe).



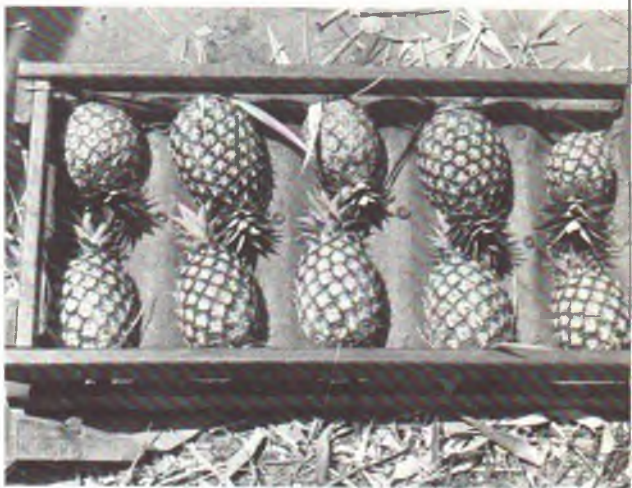
PHOTO 149. — Altération des tissus sous-épidermiques de la peau consécutive à un stockage des fruits à une température trop basse.

(Cliché Teisson).



PHOTOS 150 et 151. — Récolte et sortie des fruits du champ dans le cas de fruits destinés à l'exportation en frais - Porte-fruits à dos et caisse de « ramassage » - Côte-d'Ivoire.

(Clichés Py et Guyot).



PHOTOS 152 et 153. — Caisse plastique et remorque à alvéoles pour l'acheminement des fruits vers la station de conditionnement - Côte-d'Ivoire.

(Clichés Py et Guyot).





PHOTOS 154 et 155. — Emballage vertical en caisse carton à cloisons - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Py).



PHOTO 156. — Emballage de fruits de Cayenne Lisse au Brésil pour des exportations sur l'Argentine.
(Cliché Giacomelli).

PHOTO 157. — Emballage de fruits de « Perola » (Brésil) munis de leurs bulbilles destinés à des exportations sur l'Argentine.
(Cliché Py).



Elle peut, par ailleurs, entraîner des effets dépressifs sur le poids du fruit (cf. I. 4.1.4.1) et si elle est indispensable dans certaines conditions elle est rarement généralisable. Elle peut aussi avoir une incidence favorable à l'égard du « jaune » (cf. I. 4.1.4.3.4) mais la protection doit alors être très dense, ses effets néfastes sur poids et teneurs en sucres ne sont pas négligeables et un choix doit être réalisé entre les risques les moins graves.

La protection se fait par un ombrage pendant les quatre à six semaines qui précèdent la récolte. Plusieurs techniques sont utilisables, elles consistent à :

— lier les feuilles en faisceau au-dessus du fruit (photo 159). Ce système est long et coûteux, environ 1 000 fruits par journée de travail, en outre il n'évite que partiellement la verse du fruit qui passe souvent à travers les feuilles et se retrouve donc exposé dans les plus mauvaises conditions ;

— tendre de chaque côté des rangées d'ananas et sur toute leur longueur des ficelles qui reliées entre elles par des liens transversaux ramènent l'ensemble des feuilles vers l'intérieur du double rang. Les fruits se trouvent insérés par l'ensemble des feuilles et ce système est également très efficace contre la verse (photo 161). Il facilite en outre le passage des hommes et des engins. Un peu plus de 2 000 fruits par journée de travail peuvent ainsi être protégés ;

— disposer autour du fruit un écran en papier (photo 160), carton, fibres de bois, herbes sèches, polyéthylène opaque, ou vieux sacs (VAN LELYVELD, 1957 b ; TISSEAU M. A., 1958). Cette technique ne protège pas contre la verse ; elle est en outre onéreuse en main-d'œuvre et en matériaux, un des problèmes essentiels étant alors la possibilité de réutiliser l'écran employé. Les herbes sèches, lorsqu'elles sont disponibles, peuvent représenter une solution économique... si ce n'est les arrière-effets que peut provoquer leur utilisation sur la dissémination des adventices.

Toutes ces techniques nécessitent une main-d'œuvre abondante aussi plusieurs essais ont été entrepris, en particulier au Queensland et en Afrique du Sud, pour lutter contre les coups de soleil par des pulvérisations appliquant sur le fruit des particules en suspension qui après séchage adhèrent au fruit et forment écran (du TOIT, 1979 ; Anonyme, 1980). C'est un mélange de talc et de bentonite qui semble donner le plus de satisfaction mais la technique présente encore de nombreux inconvénients : efficacité, effets des pluies, persistance du produit sur l'épiderme et donc altération de la présentation... Ce procédé, très économique peut être envisagé pour des fruits destinés à la conserverie.

II. 11.2. — LA RÉCOLTE

II. 11.2.1. — Détermination du « point de coupe »

Le fruit doit être cueilli à un stade d'évolution pour lequel il présentera, après sa commercialisation en frais ou sa transformation éventuelle, le meilleur équilibre entre les différents constituants de sa qualité. Pour cela, il faut réaliser la récolte au plus près de la maturité réelle sur pied mais tenir compte de l'évolution en cours de transport pour les ananas consommés frais ou des impératifs, de résistance physique en particulier, liés à la transformation industrielle. Il faut donc que soient conciliés des éléments qui peuvent varier en sens inverse et dont les rapports sont liés à la climatologie du lieu et du moment, à la variété, à la nutrition minérale et au poids du fruit. Tous ces facteurs interviennent en particulier dans la liaison entre la maturité réelle du fruit et sa coloration externe qui constitue son critère d'appréciation le plus habituel.

Le « point de coupe » ne peut donc être défini que dans un contexte bien précis. Le devenir du fruit est le premier point à considérer mais les facteurs économiques peuvent être prépondérants : la récolte est une des opérations les plus exigeantes en main-d'œuvre et les efforts réalisés pour diminuer son incidence financière peuvent aller à l'encontre d'une qualité optimale.

II. 11.2.1.1. — ANANAS COMMERCIALISÉS FRAIS

Le fruit étant consommé sans ou avec très peu de transformation doit être d'excellente qualité. Les critères d'appréciation de cette qualité peuvent varier en fonction des consommateurs mais la teneur en sucres est en général le facteur le plus important. Cette teneur croît très rapidement dans les derniers stades d'évolution du fruit sur pied et celle du fruit consommé dépend donc fortement du moment précis de la récolte. Les ananas commercialisés en frais peuvent représenter une importante valeur individuelle et la moindre meurtrissure invisible sur le moment peut entraîner leur perte ultérieure. Des soins particuliers sont apportés à leur manipulation et dans ces conditions, la résistance mécanique si elle demeure un critère très important devrait toujours céder la priorité à la valeur gustative. La récolte doit donc bien souvent être la plus tardive possible compte tenu des délais et des conditions (réfrigération en particulier) de transport et de commercialisation. Le transport à 8° C permet un arrêt presque total de l'évolution du fruit et, lorsque cette réfrigération est utilisée, seuls doivent être pris en compte les délais entre

la récolte et la mise au froid puis entre la fin de la réfrigération et la consommation.

Si les délais entre la récolte et la consommation sont réduits (lieu de consommation proche de la zone de production, transport par avion), les fruits peuvent être récoltés à un stade de maturité avancé. Si ces délais sont très longs, il est par contre inutile de récolter des fruits dont la maturation n'a pas débuté car ils n'évoluent jamais parfaitement par la suite. Le seul moyen, dans ces conditions, est de faire appel à une chaîne de transport réfrigéré efficace mais de toujours récolter des fruits dont la pigmentation de l'épiderme a commencé à évoluer.

Cette coloration extérieure est le critère le plus usité pour apprécier la maturité ; mais ici une définition précise est nécessaire. Il est indispensable d'examiner l'aspect de la chair pour connaître exactement dans les conditions locales et en fonction des époques de l'année, la liaison entre coloration externe (photo 26) et maturité interne. On rappellera simplement ici (cf. I. 4.1.4.1 et I. 4.1.4.3) que la coloration de la peau devance la maturité interne dans les petits fruits, avec un climat frais et sec, un ombrage intense, et avec une fumure riche en potasse et pauvre en azote.

Pour le marché européen par exemple, les fruits sont souvent classés en fonction de la hauteur atteinte par la coloration jaune orangé de l'épiderme (photo 26).

Coloration M 1 : coloration à la base du fruit ;

Coloration M 2 : jusqu'à la mi-hauteur du fruit ;

Coloration M 3 : dépassant la mi-hauteur.

L'incidence du poids du fruit sur la disjonction entre coloration externe et maturité interne est telle que les gros fruits de coloration M 3, et les petits fruits de maturité M 1, sont à proscrire dans le cadre d'un circuit commercial traditionnel de l'Afrique de l'Ouest vers l'Europe avec un transport maritime réfrigéré d'une dizaine de jours.

II. 11.2.1.2. — ANANAS DESTINÉS À LA CONSERVERIE

Pour la mise en conserve les fruits subissent des contraintes physiques liées à leur transport puis, surtout, à leur transformation. Le transport se fait avec moins de soins que celui des ananas exportés en frais : la valeur marchande individuelle est plus faible et les tonnages manipulés sont en général plus forts. Au cours de l'usage, les fruits doivent subir différentes opérations mécaniques avec un minimum de dommages, les tranches entières étant encore le plus souvent le produit financièrement le plus intéressant (cf. IV). L'ajout de sucre dans les produits finis est par ailleurs fréquent et permet une certaine homogénéisation des productions. Dans ces conditions, la

bonne résistance mécanique est une qualité primordiale des ananas destinés à l'usine qui pourront être récoltés à un stade de maturité en général moins avancé que ceux consommés frais.

Il n'en demeure pas moins vrai que la saveur, la coloration et la translucidité du produit fini sont des éléments capitaux et les meilleures zones de production sont celles où les fruits gardent le plus longtemps, au cours de leur maturation sur pied, une bonne résistance mécanique. C'est le cas par exemple aux Iles Hawaii où ce caractère constitue un des atouts les plus importants de l'industrie locale et permet de produire un pourcentage élevé de tranches entières translucides (qualité « fancy »).

Les contraintes économiques ne permettent pas de réaliser des nombreux passages pour effectuer la récolte. Par ailleurs en fonction de leur stade précis de maturation, les fruits peuvent être destinés à différents types de production : jus pour les fruits trop mûrs par exemple. Le « stade de coupe » est, dans ces conditions, beaucoup moins rigoureux que celui des ananas frais.

En fonction des liaisons entre maturité et résistance physique, les fruits pourront être récoltés à des stades d'évolution fort différents d'un site à l'autre et d'une saison à l'autre.

Les fruits sont cueillis à peine « tournants » — pigmentation jaune apparaissant sur 1 ou 2 yeux du bas du fruit — dans les régions, et aux époques où la pulpe est très fragile, si les conditions de transport sont médiocres et l'obtention de tranches entières un des objectifs prioritaires. Ils seront cueillis d'autant plus colorés que les zones ou les saisons de production se caractérisent par une pulpe ferme, que les conditions de transport sont bonnes et que les tranches brisées, les morceaux et le jus représentent une bonne valorisation du fruit.

II. 11.2.1.3. — INCIDENCE DE DIVERSES ANOMALIES

Parmi les plus importantes affections du fruit, il en existe deux dont l'intensité est liée à la maturation : les taches noires d'origine parasitaire (cf. chap. I. 4.2.1.3.1) (photos 58 à 61) et le « jaune » (photos 45 et 46) d'origine physiologique (cf. chap. I. 4.1.4.3.4). Ces deux anomalies évoluent très vite au cours de la maturation et sont plus fréquentes dans les gros fruits. Lorsqu'elles sont à redouter on a donc intérêt à récolter à un stade de maturité moins avancé. Une telle pratique, bien que plus efficace pour le « jaune » qui n'évolue pas après la récolte (TISSEAU R., 1982), ne peut qu'atténuer la gravité de ces désordres et s'accompagnera d'une légère baisse de la qualité des fruits.

Dans le cas du « brunissement interne » (cf. I. 4.1.4.3.5) (photos 43 et 44), les interventions possibles dépendent de l'origine exacte du

froid qui a induit l'anomalie. Lorsqu'il est dû à la réfrigération après récolte il vaut mieux éviter de récolter les fruits « tournants » qui sont sensibles (TEISSON, 1979 g), lorsqu'il est dû au contraire aux froids nocturnes agissant sur pied, il est préférable d'avancer légèrement le point de coupe pour diminuer ainsi le nombre de cycles inducteurs du désordre (GROSZMANN, 1971).

II. 1.1.2.2. — Regroupement de la récolte

Malgré l'induction florale artificielle qui provoque une différenciation rigoureusement synchrone des plants traités, les différents fruits d'une même parcelle n'arrivent pas tous au même moment au même stade de maturation. Le facteur de ségrégation le plus important est le poids du fruit : les gros fruits mûrissent plus vite bien que leur coloration extérieure soit en retard par rapport à la maturité interne. L'homogénéité des plants au moment de l'induction florale est un des principaux facteurs agissant sur cet étalement.

Pouvoir regrouper la récolte est un des meilleurs moyens pour en réduire le coût très élevé et en simplifier l'organisation. Pour les fruits frais dont le point optimal de récolte peut être très strict la récolte d'une parcelle peut, sans intervention particulière, nécessiter cinq ou six passages s'étalant sur une vingtaine de jours en moyenne. Pour les fruits de conserverie qui ne peuvent pas supporter les charges financières impliquées par des récoltes nombreuses on se limite habituellement à deux récoltes à dix jours d'intervalle.

Le regroupement de la récolte peut être obtenu par la synchronisation de la coloration des fruits consécutive à un traitement à l'éthylène. L'action de l'éthylène sur la maturation de l'ananas est connue depuis longtemps (HARVEY, 1928) mais n'a pu être mise à profit que par l'apparition d'un générateur synthétique d'éthylène pratique d'emploi : l'acide 2-chloroéthanephosphonique ou éthéphon (AUDINAY, 1970 ; ROBERTSON *et al.*, 1971 ; WEE *et al.*, 1979 ; ABRAMOF L., 1979), utilisé par ailleurs sur de nombreux autres fruits (PÉCHEUR et RIBAILLER, 1974).

L'acidification de la solution d'éthéphon qui ralentit la libération d'éthylène accroît l'efficacité du traitement (POIGNANT, 1970) ; à l'inverse des composés qui libèrent brutalement l'hydrocarbure sont sans effet (TEISSON, 1979 b).

Contrairement au cas de l'induction florale, il est possible qu'un contact prolongé avec de faibles doses d'éthylène soit nécessaire. Cette hypothèse expliquerait l'inefficacité des applications d'éthylène identiques à celles réalisées pour le traitement d'induction florale (cf. chap. II. 10).

L'éthéphon agit principalement sur la disparition de la chloro-

phylle de l'épiderme dont la coloration est accélérée et homogénéisée du bas au haut du fruit. Les fruits traités se reconnaissent aisément par l'homogénéisation de cette coloration épidermique et le fait que le jaunissement touche d'abord le centre de l'œil. L'éthéphon favorise également la synthèse des pigments de la peau qui présente des nuances rouge orangé caractéristiques et de la pulpe (AUDINAY, 1970) bien que ce dernier effet ne soit pas toujours évident (ROBERTSON et DALLDORF, 1974).

L'homogénéisation de la coloration permet d'obtenir un fruit plus attrayant pour la consommation en frais et d'augmenter le rendement en tranches colorées au cours de l'usinage du fruit. Les autres caractéristiques du fruit sont peu modifiées et leur évolution sur pied pourrait même être ralentie (POIGNANT, 1970 et 1971).

Les doses efficaces et les délais de réponse sont d'autant plus élevés que le traitement est réalisé tôt avant la maturation sur pied du fruit (cf. tableau 57). Des applications trop précoces se traduisent par la récolte d'ananas immatures bien que colorés. De tels fruits ont une qualité très médiocre (CROCHON *et al.*, 1981). Le remplissage et l'accumulation de sucres qui sont très intenses dans les derniers

TABLEAU 57

Incidence d'une application d'éthéphon sur la récolte des fruits
(Martinique, AUDINAY, 1970)

Date en jours par rapport à la 1 ^{re} coupe du témoin			
	1 ^{re} coupe	50 % des fruits coupés	98 % des fruits coupés
Témoin	0	14	24
Trait. à J = - 20			
Éthrel 1 kg m.a./ha ..	- 7	5	13
2 kg » ..	- 7	- 1	8
4 kg » ..	- 10	- 4	8
6 kg » ..	- 10	- 4	6
Trait. à J = - 7			
Éthrel 1 kg m.a./ha ..	- 4	2	13
2 kg » ..	- 4	0	7
4 kg » ..	- 6	0	3
6 kg » ..	- 6	- 1	3
Trait. à J = - 3			
Éthrel 1 kg m.a./ha ..	0	4	11
2 kg » ..	0	3	7
4 kg » ..	0	3	7
6 kg » ..	0	2	7

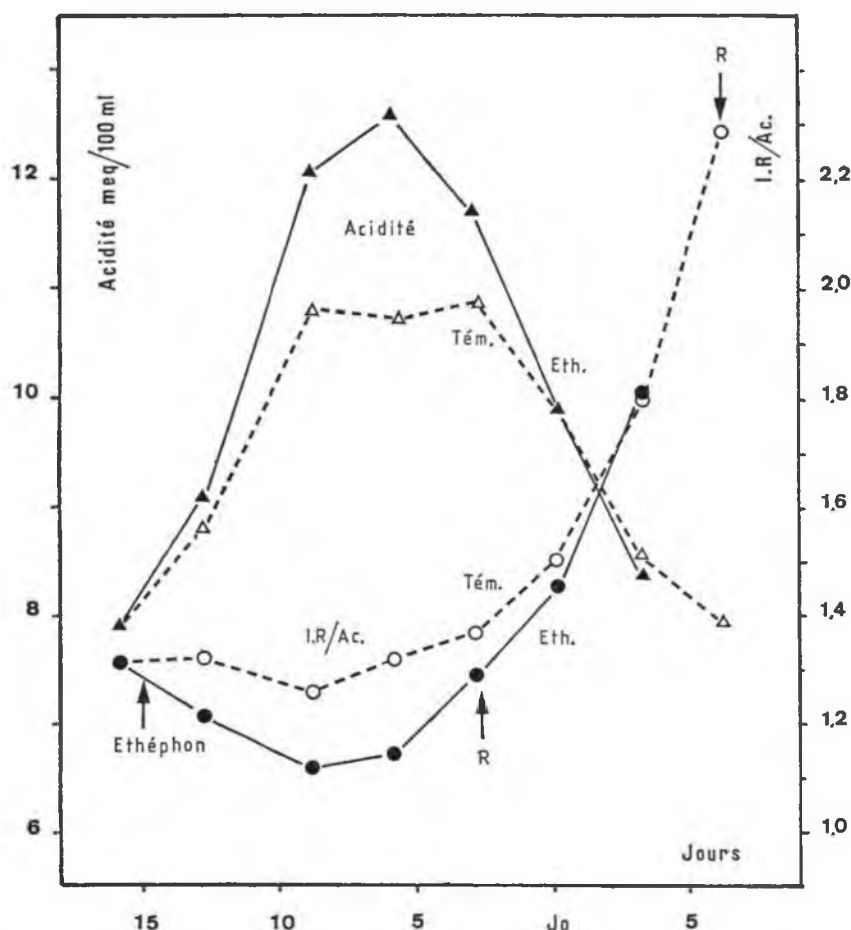


FIG. 72. — Effet d'une application précoce d'éthéphon (5 kg m.a./ha 15 jours avant la première récolte dans les témoins) sur l'évolution de l'acidité et du rapport indice réfractométrique sur acidité.

J₀ : jour de la première récolte dans les témoins.

R : jour de la récolte du plus grand nombre de fruits.

stades de développement sont incomplets. La chair pauvre en sucres est creuse ; dans les cas extrêmes il est même observé une diminution du poids des fruits récoltés (ROBERTSON *et al.*, 1971). L'acidité est élevée, les fruits étant récoltés trop près du pic d'acidité qui précède le stade habituel de récolte (cf. chap. I. 3.5.2) et ce pic étant lui-même augmenté (cf. fig. 72). Le rapport de la teneur en sucres — ou de l'extrait sec — sur l'acidité qui a une importance essentielle sur les caractéristiques organoleptiques est alors très bas (cf. I. 3.5). Ces fruits présentent également une translucidité très faible.

Lorsque le traitement est effectué au plus près de la maturation naturelle, tous ces effets défavorables sont très fortement atténués. Pour l'ananas commercialisé en frais la meilleure technique consiste alors à appliquer l'éthéphon juste avant le jour de la récolte des premiers fruits « tournants » de la parcelle. Le traitement à un nombre de jours fixe après le traitement d'induction florale est une pratique à proscrire rigoureusement étant donné les variations importantes en fonction des conditions climatiques de la vitesse d'évolution du fruit. Des doses de 1 à 1,5 kg de m.a./ha dans 2 à 3 000 l d'eau sont suffisantes pour permettre un regroupement intéressant de la récolte.

Dans le cas des ananas destinés à une conserverie et récoltés, en général, à un stade de maturité moins avancé, le même traitement pourra être réalisé mais une semaine à 10 j avant la date théorique de récolte.

L'emploi correct de ce produit nécessite donc une bonne connaissance des variations saisonnières de l'intervalle traitement de floraison-récolte et une bonne appréciation sur le terrain des derniers stades de développement du fruit. Lorsque la technique est bien maîtrisée, on peut attendre pour les récolter que tous les fruits de la parcelle soient colorés et réaliser ainsi la récolte totale en un seul passage (TISSEAU R., 1973). Cette possibilité présente un intérêt tout particulier pour la réalisation de la deuxième récolte rendue difficile par l'enchevêtrement des plants et la chute des fruits. En effet, si plusieurs passages sont effectués, les récolteurs au cours des premiers ne peuvent éviter de choquer les fruits.

Dans certaines conditions cependant, la cueillette est pratiquée avant la complète coloration de l'épiderme qui s'accompagne d'un brunissement de la pulpe lié semble-t-il à des phénomènes de surmaturation (Est de la Côte-d'Ivoire). Les fruits sont alors récoltés au bout d'un laps de temps fonction du stade d'évolution au moment du traitement.

L'application peut se faire en pulvérisation généralisée sur l'ensemble des plants ou localisée sur le fruit. Dans ce dernier cas, les doses et les volumes mentionnés pourront être légèrement diminués. Les traitements — comme sur d'autres fruits — sont moins efficaces par temps chaud et sec. Des phénomènes de flétrissement de la couronne sont parfois observés sans pouvoir être toujours reliés à des problèmes de doses excessives ou de mauvaises localisations.

Lorsque les rejets portés par la plante sont bien développés, il existe des risques non négligeables d'induire leur floraison et donc la production de fruits de 2^e récolte trop petits. Pour éviter cet inconvénient on peut diminuer les doses d'éthéphon ou acidifier la solution : le dégagement d'éthéphon est alors trop lent pour induire la différenciation florale (cf. chap. II. 10).

L'emploi de l'éthéphon présente donc des avantages certains

— regroupement de la récolte, amélioration de la coloration extérieure, augmentation du rendement en tranches colorées — mais aussi des inconvénients dès qu'il est utilisé trop tôt. Ce composé entraîne toujours une légère avance de la récolte mais rechercher une avance trop grande pour diminuer l'incidence d'une fragilité trop importante ou de divers désordres tels que les taches noires et le « jaune », ne peut que se traduire par une dégradation importante d'autres composantes de la qualité et, en particulier, du rapport sucres sur acidité.

Par ailleurs, l'emploi de ce produit remet en question les classifications habituelles basées sur la coloration naturelle de l'épiderme qui sont utilisées pour les fruits commercialisés en frais.

II. 1.1.2.3. — Organisation de la récolte

L'organisation de la récolte doit prendre en compte dans tous les cas, la fragilité des fruits, et la nécessité d'un transport rapide à l'usine ou au centre de conditionnement.

Les soins apportés à la manipulation des fruits doivent être particulièrement rigoureux dans le cas des ananas commercialisés en frais car les délais de mise à consommation sont en général plus longs que ceux d'usage. La moindre meurtrissure a alors tout le temps d'évoluer et d'entraîner, avec ou sans infection secondaire (cf. I. 4.2.1.2.1) la perte totale du fruit. Il est en tout cas impératif d'effectuer, dans les plus brefs délais, le traitement préventif contre *Ceratocystis* et de réfrigérer éventuellement, puis de commercialiser le plus rapidement possible les ananas pour qu'ils conservent leur maximum de fraîcheur (cf. III. 1.1.2).

Dans le cas de l'ananas usine, la rapidité de la transformation à l'usine est un facteur primordial pour la rentabilisation des fruits (cf. III. 1.2.3.6) : si elle est élevée, elle peut permettre de traiter des fruits légèrement choqués.

A ces contraintes communes s'ajoutent certaines qui sont spécifiques : précision des stades de maturation auxquels les fruits doivent être cueillis pour la consommation en frais, quantité importante de fruits à manipuler et besoin éventuel de récupérer les couronnes pour procéder aux replantations dans le cas des ananas usine.

II. 1.1.2.3.1. — ANANAS COMMERCIALISÉS EN FRAIS

La cueillette est toujours manuelle ; le procédé le plus simple est de détacher le fruit du pédoncule en l'empoignant par la couronne et en le couchant brutalement. Lorsque les normes d'exportation, dictées par les techniques de traitement contre *Ceratocystis*, exi-

gent la conservation sur le fruit d'une certaine longueur de pédoncule, celui-ci devra être sectionné avec un couteau.

L'évacuation des fruits en bord de parcelle peut être soit manuelle, soit mécanique.

Lorsqu'elle est manuelle, elle est effectuée par des personnes différentes de celles qui réalisent la coupe. Elle peut avoir lieu, soit immédiatement, soit après un entreposage très bref des fruits coupés sur les plants. Cet acheminement est réalisé à l'aide de porte-fruits à dos, de paniers ou de caisses portés à dos d'homme ou sur la tête (photos 150 à 152). Dans ces derniers, les fruits devront être peu nombreux et bien disposés pour ne pas s'entrechoquer. Des chemins perpendiculaires aux lignes de plantation peuvent être taillés dans la masse des plants pour réduire les trajets des porteurs de l'intérieur du champ aux routes alentour. Sur ces routes les manipulations de transvasement doivent être réduites au maximum et il est préférable de charger les fruits directement dans les engins de transport plutôt que de les stocker provisoirement à terre.

Dans les plantations les plus mécanisées et lorsque la topographie le permet, les fruits sont évacués mécaniquement par un tapis roulant les emmenant directement dans l'engin de transport. Ce tapis roulant est supporté par une rampe latérale ayant pour longueur la moitié de la largeur d'une bande d'ananas ; il est porté juste au-dessus du feuillage par un engin mobile avançant sur le chemin au pas des coupeurs. Ceux-ci marchent juste derrière le tapis sur lequel ils déposent les fruits au fur et à mesure de leur cueillette. Ces « machines à récolter » qui sont en fait des machines d'évacuation ont été utilisées pour la première fois aux Hawaïi, dans le cas de production pour l'usine ; en fonctionnant à vitesse réduite elles peuvent être utilisées pour les ananas frais si dans les conditions locales la résistance mécanique des fruits le permet. Plusieurs modèles de machines existent ; elles peuvent être automotrices ou déplacées par un engin transporteur.

Les conditions de transport du champ à la station de conditionnement doivent être considérées avec la plus grande attention et le transport en vrac doit être rigoureusement proscrit.

Les fruits seront soigneusement disposés soit horizontalement, dans des caisses spéciales à alvéoles matelassés (photo 151), soit verticalement dans des caisses qui peuvent être celles ayant servi à leur sortie du champ (photo 152), dans des remorques spécialement aménagées (photo 153) ou directement dans les bennes de transport. Ce dernier procédé, utilisé par exemple aux Hawaïi, est réalisé en disposant les fruits régulièrement à l'envers, donc reposant sur leur couronne, sur trois couches. Toutes ces opérations sont manuelles et donc très coûteuses en main-d'œuvre.

II. 11.2.3.2. — ANANAS DESTINÉS À LA TRANSFORMATION INDUSTRIELLE

Les opérations sont semblables aux précédentes. Le fruit est ici toujours détaché du pédoncule. L'évacuation manuelle vers les routes de bordure peut être réalisée avec des sacs ou des paniers (photo 169), les porte-fruits à dos sont inutiles.

Sauf lorsque les distances de transport sont importantes, les ananas peuvent être transportés en vrac dans les bennes mais sur une hauteur qui ne devra pas dépasser 60 à 80 cm pour éviter l'écrasement des fruits inférieurs. Les « machines à récolter » peuvent dans ce cas (photos 170, 171, 173, 174) présenter différents systèmes pour permettre une répartition mécanique et homogène des fruits dans la benne de transport : chemin de descente ou fond de la benne mobile.

Les surfaces cultivées dans ce cas sont souvent très étendues. Le parc automobile et l'entretien des routes indispensables pour réaliser les transports dans de bonnes conditions sont des charges importantes.

La couronne doit être séparée du fruit par une poussée latérale sans effectuer de torsion qui laisserait à sa base des fragments de pulpe pouvant entraîner par la suite des pourritures (cf. I. 4.2.1.2.1). Cette opération peut être réalisée en même temps que la cueillette et les couronnes laissées sur les plants ou en bord de champ et leur acheminement vers un lieu de plantation peut alors être immédiat.

Les couronnes peuvent aussi être évacuées en même temps que les fruits, elles peuvent dans ce cas amortir les chocs en cours de transport et être séparées des fruits à l'usine par un moyen mécanique tel qu'une soufflerie.





PHOTO 158. — Réduction de la couronne par extirpation du méristème terminal - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Py).

PHOTO 159. — Protection contre les « coups de soleil » en attachant l'extrémité des feuilles au dessus de la couronne - Côte-d'Ivoire.
(Cliché Guyot).



PHOTO 160. — Protection contre les « coups de soleil » à l'aide de papier, technique utilisée en particulier en Afrique du Sud et au Brésil.



PHOTO 161. — Relèvement à l'aide de ficelles des feuilles les plus longues pour protéger les fruits des « coups de soleil ».

(Clichés Py).





PHOTO 162. — Calibrage par poids de fruits destinés à l'exportation en frais à l'aide de batteries de pesons - Côte-d'Ivoire.

(Cliché Guyot).

PHOTO 163. — Calibreuse automatique par poids - Côte-d'Ivoire.

(Cliché Arphot, Paris).



PHOTOS 164 et 165. — Pose du fruit sur la balancelle et chute de celui-ci dans le casier correspondant à son poids - Côte-d'Ivoire.

(Clichés Guyot et Letorey).





PHOTOS 166, 167 et 168. — Récolte et chargement sur camion de fruits de « Pérola » à Paraíba (Brésil) pour leur acheminement par route sur les grandes agglomérations du sud du pays : Rio de Janeiro, São-Paulo distantes de plusieurs milliers de km.

(Clichés Py).





PHOTO 169. — Récolte manuelle de fruits destinés à la conserverie.



PHOTOS 170 et 171. — Récolte à l'aide de « machines à récolter » en Martinique et à Hawaï.



PHOTO 172. — Déchargement des fruits dans un bac de réception à l'entrée d'une conserverie ivoirienne.

II. 12. — LA DEUXIÈME RÉCOLTE ET LES RÉCOLTES ULTÉRIEURES

La deuxième récolte est obtenue en laissant les cayeux se développer sur le plant-mère après la récolte du premier fruit (photo 176). De l'agriculture de cueillette jusqu'aux systèmes les plus intensifs en passant par tous les intermédiaires, la tentation est toujours grande de faire plusieurs récoltes successives comme cela est théoriquement possible. Dans la nature, il arrive qu'on rencontre des plants abandonnés avec la « chaîne » des tiges des générations précédentes. La plupart de ces situations naturelles montre que le système racinaire a quasiment disparu au moment de la maturité du fruit et n'assure plus un ancrage suffisant du plant qui se couche sur le sol. Les cayeux sont souvent placés en position favorable pour assurer leur enracinement propre et ainsi de suite.

Lorsqu'il s'agit d'une culture visant à commercialiser le fruit, on doit éviter cette verse pour protéger la qualité du fruit (coups de soleil, pourritures) et on sait que l'activité physiologique du système racinaire est une condition essentielle de la productivité. Mais, en l'absence de verse, les cayeux perdent, sauf cas particulier des cayeux souterrains fréquents dans le cas de certains cultivars, toute possibilité d'assurer leur propre enracinement et d'acquérir leur autonomie. Ils utilisent les réserves du plant-mère contenues notamment dans la tige, mais celles-ci sont insuffisantes pour assurer la croissance du plant-fils et de son fruit. Les racines du plant-mère doivent de ce fait conserver une activité pendant une durée beaucoup plus longue que lorsque les cayeux assurent leur propre enracinement.

La seconde récolte n'est pas seulement la continuation de la première. On sait que la densité de plantation affecte plus la croissance des rejets (surtout les cayeux) que le poids du fruit. La densité optimale dépend des caractéristiques climatiques, des techniques culturales et du cultivar. Par rapport à une population, un clone est plus favorable, surtout si des phénomènes de compétition existent entre plants. Les cultivars rustiques (résistance aux parasites, adaptation au milieu physique) donnant plusieurs cayeux précoces sont évidemment favorables à l'obtention de plusieurs récoltes. Ces critères sont très importants dans tout programme d'amélioration variétale.

II 12.1. — RENTABILITÉ DE LA SECONDE RÉCOLTE (« FIRST RATOON CROP »)

L'intérêt de la deuxième récolte, voire des récoltes ultérieures, est leur coût réduit. Tous les travaux liés à la plantation sont en effet supprimés. Encore faut-il obtenir des rendements suffisants, sans trop accroître le coût de la première récolte.

On estime souvent que la diminution du rendement peut être dans le même rapport que la réduction des coûts. Ceci est insuffisant pour améliorer le profil global (première et deuxième récolte). La deuxième récolte doit permettre d'améliorer la rentabilité de la culture.

La durée de l'occupation du terrain est en général plus faible en deuxième récolte qu'en première. Une diminution du rendement, habituelle chez Cayenne Lisse, est donc également possible, si on considère la valorisation du sol.

Réduction des coûts et raccourcissement du cycle pourraient donc amener à conclure que la pratique de la deuxième récolte est compatible avec des rendements relativement faibles par rapport à la première récolte. En fait, avec Cayenne Lisse, la différence ne saurait excéder 20 % de la première récolte. Elle peut être nulle dans certaines conditions favorables aux Hawaii (MARZOLA et BARTHOLOMEW, 1979). Avec d'autres cultivars, il est fréquent que la seconde récolte soit supérieure à la première (cultivars des groupes « Queen » et « Spanish » en particulier).

Le rendement brut avec Cayenne Lisse diminue moins vite que le rendement commercialisable qui doit être considéré ici plus encore qu'en première récolte. Les petits fruits sont souvent plus nombreux. Le rendement commercialisable dépend en grande partie du nombre de fruits répondant aux normes des usines ou des marchés.

En définitive, l'homogénéité des fruits et de la parcelle est primordiale pour la rentabilité de la seconde récolte et éventuellement des récoltes ultérieures.

Cependant dans certaines conditions socio-économiques bien particulières, une certaine hétérogénéité peut être acceptée et l'induction florale réalisée en choisissant individuellement les rejets suffisamment développés (WEE, 1969). La récolte est alors très étalée et obligeamment manuelle.

II.12.2. — CONDITIONS DE RÉUSSITE DANS LE CAS DU CULTIVAR CAYENNE LISSE

La réussite dépend naturellement de la potentialité des premiers cayeux émis, donc du niveau nutritif et du développement végétatif

atteint par la plante au moment de la récolte du premier fruit, ainsi que de la capacité du système racinaire à puiser les éléments nutritifs du sol. Mais comme par ailleurs l'hétérogénéité d'une parcelle va toujours en s'aggravant, la réussite de la seconde récolte dépend également en grande partie des facteurs susceptibles de modifier l'évolution vers une hétérogénéité accrue.

Ces facteurs sont les mêmes que ceux qui interviennent en première récolte, mais ils agissent de façon un peu différente.

Les *facteurs physiques* (hétérogénéité du sol, déficience du drainage) se sont en général déjà manifestés en première récolte et leur incidence est le plus souvent peu modifiée sur la seconde.

Les *facteurs biologiques* (parasitisme, certaines adventices) ne peuvent, au contraire, qu'avoir une influence accrue. Le niveau atteint par eux au moment de la première récolte a toutes les chances d'être plus élevé que lors de la mise en terre des rejets après qu'aient été effectués tous les travaux nécessaires à la diminution la plus forte possible du potentiel initial d'infestation. L'évolution du parasitisme est donc, en général, plus rapide en seconde récolte, d'autant plus que les interventions sont souvent rendues plus difficiles et moins efficaces par la présence d'une masse végétale importante. Ces remarques sont essentiellement valables dans le cadre de contrôles chimiques, mais pourraient être inversées dans le cas de lutttes biologiques qui ne sont encore que peu utilisées.

L'importance prise par le parasitisme ne se manifeste d'ailleurs pas seulement sur la seconde récolte. Celle-ci peut être un facteur important d'extension des parasites transportés par le matériel végétal de plantation (*Fusarium* et cochenilles : cf. I. 4.2.1.2.2 et I. 4.2.2.2). Leur contrôle pendant la première récolte doit donc être beaucoup plus strict que dans le cas où une seule récolte est pratiquée. Le but recherché doit être de maintenir ces parasites à un niveau suffisamment bas pour éviter leur multiplication et leur diffusion, notamment à certains stades critiques comme la montée de l'inflorescence et la floraison (cf. I. 4.2.2.2).

Un dernier facteur vient s'ajouter : le *groupement de la première récolte*, c'est-à-dire la réussite de l'induction florale et l'absence de floraisons « prématurées ». C'est probablement le point le plus important, car le développement des cayeux est en général lié à celui du fruit. Une première récolte étalée dans le temps conduit obligatoirement à une forte hétérogénéité de la croissance des cayeux et par conséquent des fruits récoltés quand la floraison est induite à une même date.

II.12.3. — AMÉLIORATION DE L'HOMOGÉNÉITÉ

Ainsi, l'adage veut qu'une bonne première récolte soit nécessaire mais non suffisante pour obtenir une bonne seconde récolte. Cela

signifie qu'elle doit « se préparer » tout au long du premier cycle. En cas d'échec partiel, certaines rectifications peuvent cependant être réalisées dès que la première récolte est terminée. A ce moment là, les plants ont souvent été malmenés par les travaux de récolte, le sol est partiellement découvert et les cayeux ont un développement encore assez limité.

Il est alors possible d'intervenir contre les *mauvaises herbes* telles que les « lianes » dont le port permet le développement, malgré la couverture du sol par les plants d'ananas (cf. Lutte contre les Adventices II. 9.14). D'autres herbicides moins puissants et moins coûteux peuvent bien entendu être utilisés si les conditions le permettent.

Bien que la croissance racinaire ne soit pas connue avec précision à ce stade, elle est vraisemblablement inférieure à celle de plants plus jeunes. L'état sanitaire des racines est donc d'autant plus important. Les traitements contre les nématodes et les symphytes (II. 5.4 et II. 5.5) ont ici aussi un effet essentiellement préventif pour préserver une activité suffisante. En Côte-d'Ivoire (PINON, 1981), une étude en cours a montré qu'une application de 0,3 g/plant de phénamiphos après la première récolte a augmenté le poids moyen des fruits ; mais une action du phénamiphos autre que nématocide est également possible. C'est l'utilisation de ce produit nématocide qui a permis de montrer la possibilité de la seconde récolte dans les conditions de Côte-d'Ivoire (LACOEUILHE, GUÉROUT, 1976).

Contre les *cochenilles*, ce moment peut être utilisé pour faire un apport de granulés de disulfoton avant de continuer les traitements habituels ainsi que la lutte contre les fourmis (II. 9.7).

L'amélioration de l'homogénéité peut enfin être obtenue par une *sélection des cayeux*. Cette opération doit être « légère ». Elle consiste à supprimer les plus précoces et éventuellement les plus mal placés (risque de verse). Elle peut également être partiellement utile pour parer à un manque momentané de rejets pour les replantations. Le moment le plus favorable dépend des conditions régissant la croissance des rejets, mais ne doit pas être trop tardif pour ne pas apporter une nouvelle source d'hétérogénéité. La rentabilité dépend du coût de la main-d'œuvre (10 à 15 journées/ha - Martinique, 1981) et de la valeur marchande des fruits. Les conditions agronomiques sont trop variables pour qu'il soit possible d'intervenir spécifiquement pour accroître le pourcentage de fruits commercialisables de cette façon. Cette opération reste peu utilisée car elle ne peut pas permettre de corriger une hétérogénéité trop accentuée pour des raisons plus fondamentales (autres facteurs limitants). Le nombre de fruits récoltés est peu influencé par cette technique, car le nombre de cayeux présents au moment de l'induction florale dépend fortement de la climatologie (utilisation de la lumière par la surface foliaire). Ce nombre avoisine le plus souvent 70 000 pieds/ha. La densité de

plantation à l'origine a donc intérêt à être suffisamment élevée, compte tenu des caractéristiques du cultivar.

II. 12.4. — AUTRES INTERVENTIONS EN COURS DE VÉGÉTATION

Lorsque ces bases sont assurées, les opérations suivantes sont analogues à celles pratiquées en cours de premier cycle. En dehors des cas où la rentabilité est de toute façon fortement compromise, des traitements complémentaires contre les mauvaises herbes et les parasites des racines (sauf pour une troisième récolte) ne se révèlent en général pas nécessaires. Par contre, dans les zones où la cochenille a une forte incidence, il est indispensable de conserver le même rythme de traitements.

La fertilisation peut être réduite de façon notable. Les fruits de deuxième récolte sont considérés comme plus riches en sucres, en acides et en pigments ; aussi la priorité est donnée à l'azote (TEISSON, 1979 b). Les doses utilisées constituent en moyenne 60 % de celles qui sont apportées en première récolte. Le rapport K_2O/N peut être diminué et la dose de potasse réduite d'autant.

L'éthéphon permet d'homogénéiser la coloration des fruits plus irrégulière qu'en première récolte (cf. II. 11.2.2). Les cayeux non fleuris ne sont alors pas utilisables pour les replantations mais la récolte est possible en une seule fois.

II. 12.5. — GESTION DES EXPLOITATIONS

(Voir également II. 4)

La seconde récolte influence l'ensemble d'une exploitation. Si on peut se passer d'équipements importants quand on se contente d'une seule récolte, ils sont le plus souvent indispensables dès que la taille de la plantation dépasse un certain seuil, particulièrement en région régulièrement chaude et humide où les plants ont tendance à « se coucher ». On ne peut en effet utiliser d'autopulvérisateur enjambeur ; seuls des appareils à rampes latérales sont utilisables et des « machines à récolter » sont le plus souvent indispensables. Si ces appareillages sont déjà utilisés pour la conduite du cycle conduisant à la première récolte, ils sont évidemment mieux rentabilisés si on pratique une deuxième récolte.

La seconde récolte amène un décalage dans les cycles de culture. Sa durée est plus courte et le terrain est utilisé sans interruption. Il peut en résulter une certaine difficulté pour planifier la production,

l'emploi de la main-d'œuvre, l'utilisation du matériel, les dates de plantation. L'équilibre entre les surfaces en première et seconde récolte doit rester relativement constant, ce qui implique que la seconde récolte puisse être pratiquée de façon suffisamment régulière.

Avec la seconde récolte, les replantations sont moins fréquentes. On dispose de plus de couronnes mais de beaucoup moins de cayeux. Les couronnes de deuxième récolte sont le plus souvent plus petites et doivent être plantées séparément, mais elles donnent également de bons résultats. Malgré cela, des exploitations récentes devant faire des investissements importants n'ont pas intérêt à utiliser la seconde récolte lorsque l'acquisition de matériel végétal à l'extérieur est difficile et coûteuse.

La deuxième récolte est peu utilisable, sauf circonstances particulières, dans le cas de la vente de fruits frais avec couronnes : production faible de cayeux et protection coûteuse contre les coups de soleil sur les fruits.

Si la pratique de la seconde récolte peut permettre d'améliorer très sensiblement la rentabilité de la culture de l'ananas, elle demande un niveau technique élevé. Des méthodes plus ou moins extensives ne sont concevables que dans des zones où l'incidence du parasitisme est faible, à moins de faire appel à d'autres cultivars que le Cayenne Lisse, mieux adaptés à des récoltes successives sans replantation.

II. 13. — MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE

II. 13.1. — PRODUCTION DE REJETS

Dans les exploitations dont les ananas sont commercialisés en frais avec leur couronne on ne peut disposer comme matériel de plantation que de cayeux ou de bulbilles. Ces dernières cependant sont rares chez les cultivars du groupe Cayenne surtout lorsque les cycles sont courts. Dans le cadre des productions destinées à l'usine les bulbilles sont plus nombreuses et surtout les couronnes sont utilisables et existent en nombre théorique suffisant et même pléthorique lorsque des deuxièmes récoltes sont réalisées. Les couronnes constituent alors le matériel de plantation habituel. Cependant le recours aux cayeux peut être nécessaire lorsqu'il n'est pas réalisé de deuxième récolte ou que les surfaces plantées sont en extension ou les couronnes dans les conditions locales de trop petite taille pour constituer un bon matériel de plantation. Dans ces cas comme dans celui des parcelles d'ananas frais la production de cayeux est indispensable.

La vitesse de développement de ces rejets sur le pied mère dépend du cultivar et des conditions du milieu — climat et parasites en particulier — mais elle est en général insuffisante pour qu'au moment de la récolte du fruit le cayeux le plus développé constitue un bon matériel de plantation. Il faut donc que le développement sur le pied mère se poursuive afin qu'il atteigne une taille suffisante pour être récolté puis planté. Dans ces conditions les deux phases — végétative et de fructification — de la vie de la plante sont prolongées par une phase de croissance des cayeux. Négliger cette phase constitue une grave erreur car des soins apportés à ce moment dépendent la qualité du matériel de plantation et donc des mises en culture futures ainsi que, partiellement au moins, l'état phytosanitaire de la parcelle considérée au moment de sa replantation.

Les principes d'intervention sont identiques à ceux de la deuxième récolte (cf. II. 12) l'objectif initial étant le même : la croissance rapide de cayeux nombreux et sains.

Une bonne production de cayeux ne peut donc s'obtenir qu'avec suffisamment de soins en amont sur des plants bien développés dont

la nutrition minérale a été correcte et surtout dont le système racinaire a un état sanitaire qui lui permette une activité satisfaisante après la récolte du fruit.

Les interventions possibles concernent la lutte contre les mauvaises herbes, les cochenilles et les fourmis, éventuellement les nématodes, et les apports d'engrais (cf. Protection phytosanitaire II.9 ; cf. Fertilisation II.7.4).

Une application d'herbicide précédée ou non d'un désherbage manuel est la première opération à réaliser (cf. II.9.14.2.2).

Elle peut être suivie d'une taille modérée des feuilles des plants mères. Cette pratique réalisée manuellement nécessite 6 journées à l'hectare mais peut être mécanisée par l'emploi d'une faucheuse portée à hauteur convenable. Elle réalise un « mulch » entre les rangées d'ananas qui limite les pertes en eau du sol et la levée des adventices. Ses avantages essentiels viennent surtout du fait qu'elle peut améliorer le développement de rejets lorsque la luminosité est limitante (COMBRES, 1978) et facilite dans tous les cas leur récolte.

Les apports d'engrais ne peuvent concerner que les principaux éléments — l'azote et la potasse —, mais comme il ne se pose plus de problèmes de qualité de fruit le rapport K_2O/N peut être réduit. Des apports d'azote seul doivent être évités car ils provoquent la formation de rejets fragiles « effilés » de médiocre qualité. Les applications peuvent être effectuées sous forme « solide » à l'aisselle des feuilles du plant-mère ou à la volée. Les pulvérisations sont cependant préférables car elles permettent la réalisation simultanée des traitements contre les cochenilles. L'importance de ceux-ci est très grande : ils limitent l'inoculum infectieux au niveau des vieux plants et donc de la parcelle au moment de sa replantation mais aussi au niveau des rejets récoltés (cf. II.9.7).

Ces derniers présentent donc lors de leur replantation un potentiel infectieux réduit qui permet de retarder légèrement les traitements insecticides et d'éviter ceux réalisés par trempage qui constituent une technique lourde, onéreuse, dangereuse et moins efficace (cf. II.9.7).

Les cayeux sont récoltés suivant les modalités décrites au chap. II.6 au fur et à mesure qu'ils atteignent la taille requise. En Côte-d'Ivoire en fonction de l'époque de l'année un délai de trois à sept mois est nécessaire pour obtenir après la récolte du fruit un rejet en moyenne par plant (LACOEUILHE et KOUASSI, 1976). La figure 73 représente un exemple d'évolution de la production dans ce pays (COMBRES, 1978). On y remarque en particulier qu'il existe un délai avant que les premiers cayeux atteignent la taille requise et que le développement des cayeux se ralentit lorsque les « plants-mères » deviennent trop âgés.

Suivant le nombre recherché et les conditions de l'environne-

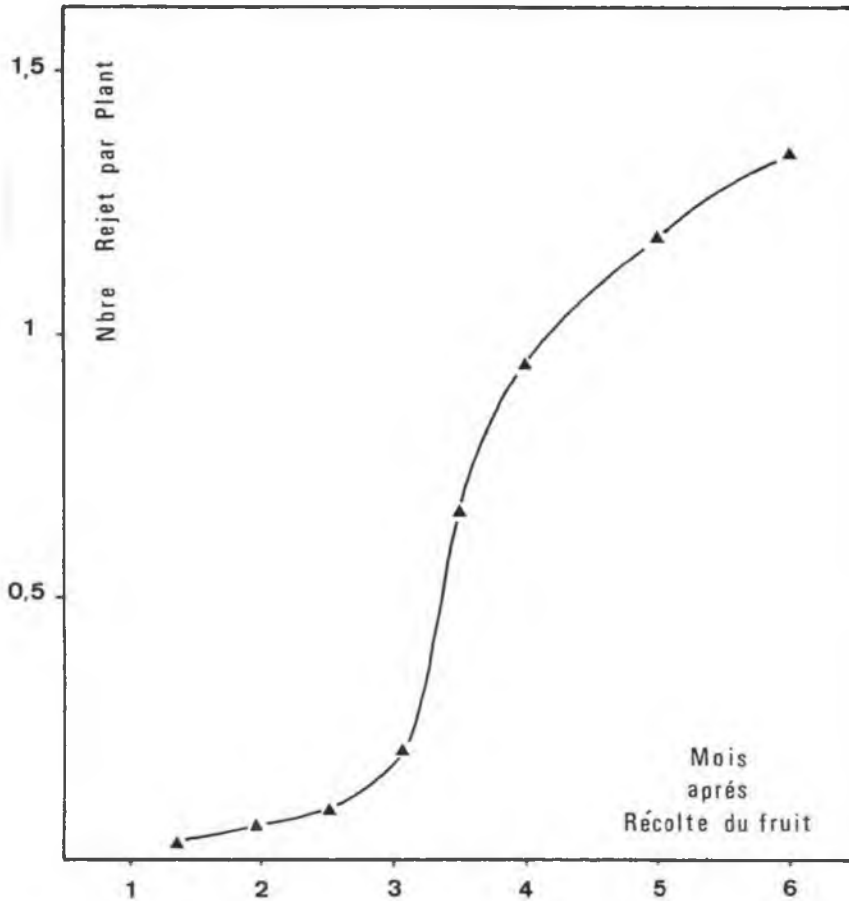


FIG. 73. — Production de rejets. Nombre de cayeux de 400 g récoltés après cueillette du fruit. Côte-d'Ivoire. (COMBRES, 1978).

ment la phase de production de cayeux peut durer de moins de 6 mois à près d'un an. Elle entraîne donc une immobilisation relativement longue du terrain. Accroître sa rapidité, par amélioration génétique en particulier, est un objectif important.

II.13.2. — MULTIPLICATION ACCÉLÉRÉE

La création de nouvelles zones de culture ou le changement de cultivar peut nécessiter une multiplication rapide des plants. Celle-ci n'est pas sans poser de problèmes pour les cultivars les plus « performants » qui en général n'ont pas ou peu de bulbilles. Dans le cas

du Cayenne Lisse il est difficile d'obtenir plus de deux cayeux par plant avec une conduite classique et plus de quatre en prolongeant le temps de production. Le taux de multiplication est donc insuffisant et il faut faire appel à des techniques particulières. La plupart d'entre elles vise à faire démarrer le plus grand nombre de chacun des bourgeons axillaires qui se trouvent à l'aisselle de chacune des feuilles.

II. 13.2.1. — Multiplication par destruction du méristème terminal

Cette destruction sur plant en place peut se faire par ablation de l'inflorescence dès son apparition ou mieux plus tôt par la rotation d'une tige métallique effilée profondément enfoncée dans le cœur de la plante (KAPLAN, 1976 b). Plus cette destruction est précoce plus le temps de production de rejets peut se prolonger ; une induction florale antérieure de deux à trois semaines entraîne une montée du méristème qui devient plus accessible. Cette technique peut être mise en application dans des carrés de pépinières à haute densité et sur lesquels des soins particuliers peuvent être apportés. Ainsi à partir de cayeux de 400 g plantés à la densité de 100 000 plants/ha, et sur lesquels l'induction florale a été réalisée à deux mois et demi et la destruction du méristème à trois mois PINON (1981) a obtenu en Côte-d'Ivoire six rejets de 100 g par plant douze mois après plantation et trois rejets supplémentaires dans les six mois suivants. Lorsque les rejets sont récoltés entre 400 et 500 g le taux de multiplication est divisé par trois. Un rejet en croissance exerce donc sur les autres bourgeons une forte dominance et on ne peut que privilégier soit le poids soit le nombre des rejets récoltés. Dans des régions plus ensoleillées que la Côte-d'Ivoire il est possible d'augmenter la densité des carrés de pépinière.

II. 13.2.2. — Multiplication par fractionnement de tiges

Cette technique est la plus anciennement connue (WALTERS, 1932) ; les travaux à son sujet sont nombreux (WANG *et al.*, 1958 ; PY et ESTANOVE, 1963 ; GATTONI, 1961 ; BORJON PORCA, 1967 ; KOTALAWALA, 1971 ; STAMBAUCH, 1977 ; PY, 1979 et 1981 a) ainsi que les variations possibles dans sa réalisation pratique. Le procédé le plus fréquent consiste à effeuiller de vieilles tiges d'ananas, à les fractionner puis à mettre en terre les fragments obtenus pour permettre le développement des bourgeons axillaires qu'ils portent. En découpant des rondelles de 3 cm d'épaisseur fractionnées en quatre à huit secteurs plus de 50 fragments peuvent être obtenus par tige. Des pépinières à haute densité peuvent être constituées et permettent d'obtenir jusqu'à 500 000 jeunes plants par hectare. Ces plants peuvent être repi-

qués à densité plus faible pour accélérer leur croissance mais celle-ci est toujours lente. Quatre mois après la mise en terre ils ne pèsent que 20 g (POIGNANT, 1969) et il faut attendre encore plus de huit mois pour obtenir un rejet comparable au matériel de plantation classique.

L'éclatement peut se faire à partir de cayeux ou de couronnes coupés longitudinalement en quatre à huit secteurs sans ablation des feuilles (EVANS, 1952 ; GUYOT, 1963 ; SINGH et YADAV, 1980).

Cette technique peut faire appel à des procédés sophistiqués dans lesquels on met en culture à partir de couronnes ou de bulbilles des explants constitués par un fragment de tige, une seule feuille et le bourgeon axillaire correspondant (ROCHELLE *et al.*, 1967 ; SU-SHIEN, 1968 ; SEOW et WEE, 1970 ; LEE et TEE, 1978). A partir d'une couronne portant une centaine de feuilles on peut extraire 40 à 70 bourgeons dont 70 % environ se développent. Les jeunes plants obtenus peuvent être fragmentés pour augmenter le taux de multiplication ; ainsi LEE et TEE en mettant en culture les 4 rejets obtenus sur une plante adulte ont produit en sept mois près de 800 jeunes plants. Les rejets produits peuvent être sevrés au fur et à mesure de leur développement, il se forme alors un cal qui différencie de nouveaux bourgeons.

Ce procédé se rapproche alors de la culture « *in vitro* » (cf. chap. I.2.3.4) et fait appel à des techniques horticoles poussées : serre chauffée, substrat stérilisé, irrigation, nombreux traitements phytosanitaires, pulvérisations fréquentes, mais à faible, dose d'engrais...

Le même ensemble de soins plus ou moins simplifié doit être apporté pour tout procédé de multiplication par fractionnement des tiges.

II.13.2.3. — Multiplication par traitement chimique

SANFORD et RAVOOF (1971) ont montré les premiers que des applications de chlorflurénol pouvaient induire une production accrue de bulbilles. Cette expérimentation a été reprise par WATSON (1974), KEETCH et DALLDORF (1977), GLENNIE (1981 b).

Le chlorflurénol doit être pulvérisé peu de temps après l'induction florale à des doses allant jusqu'à 400 p.p.m. dans 3 300 l/ha. Le nombre de bulbilles et leur position dépendent de la date exacte d'application et des doses utilisées. Les bulbilles peuvent être très nombreuses et démarrer des yeux du fruit qui devient invisible. Dans ces conditions elles restent très petites : on peut obtenir plus de 30 bulbilles par plant mais elles ne pèsent alors que 60 g en moyenne. GLENNIE (1981 b) obtient cependant 10 bulbilles d'un poids moyen de 200 g en appliquant 12 mg de m.a. par plant une semaine après l'induction florale. Lorsque cette dernière est réalisée au BOH ou à

l'éthylène les résultats sont médiocres, ils sont meilleurs lorsqu'elle est effectuée au S.N.A. ou à l'éthéphon.

Le fruit est profondément affecté par ce traitement. Malgré tous les essais entrepris sur ce sujet l'utilisation du fruit après traitement au chlorflurénol n'est pas envisageable.

Ce procédé ne se conçoit donc que dans des parcelles spécialement destinées à la production de rejets. On a souvent intérêt à réserver cette technique sur des parcelles conduites normalement en vue d'une seconde récolte, elle se fait alors aux dépens de celle-ci, ce qui est, financièrement parlant, plus acceptable que lorsqu'elle se fait aux dépens de la première.

TABLEAU 58

**Pré-diagnostic à partir de l'état végétatif général d'une parcelle
(Cultivar 'Cayenne Lisse')**

	ORIGINE PROBABLE DE L'ANOMALIE		RENOIS DANS LES PARTIES I ET II DE L'OUVRAGE ET AUX PHOTOS
		ORIGINE PRIMAIRE	
<p><i>Parcelle homogène :</i></p> <p>— Feuilles étroites \pm érigées, \pm épineuses ; jaunâtres à rythme d'émission lent (ensemble de manifestations typiques d'une croissance anormalement lente).</p> <p>— Fruits petits à « yeux » proéminents, chair blanchâtre et acide.</p>	<p>— Alimentation hydrique et/ou minérale insuffisante</p>	<p>{ - apports insuffisants en eau et/ou éléments fertilisants ;</p> <p>{ - système racinaire déficient pour une ou plusieurs des raisons suivantes :</p> <p>{ - exploration insuffisante du sol (travail insuffisant du sol) ;</p> <p>{ - altération du système racinaire conséquence d'un :</p> <p>{ - excès d'eau ;</p> <p>{ - parasitisme animal (nématodes, symphy- les, larves de Coléoptères...) ;</p> <p>{ - parasitisme fongique (<i>Phytophthora</i> sp., <i>Pythium</i>).</p>	<p>(I) p. 116-118. (I) p. 142-146.</p> <p>(I) p. 128 et 146. (II) p. 294-296.</p> <p>(I) p. 128-131. (I) p. 157-158. (I) p. 226-227. photos 76 et 77. (I) p. 236-238. photos 81-83. (I) p. 246-247.</p> <p>(I) p. 180-181. photo 48. (I) p. 188-189.</p>

	ORIGINE PROBABLE DE L'ANOMALIE	RENOIS DANS LES PARTIES I ET II DE L'OUVRAGE ET AUX PHOTOS
<ul style="list-style-type: none"> — Feuilles de dimensions et de port \pm normaux avec rythme d'émission également \pm normal : <ul style="list-style-type: none"> — de couleur jaunâtre (ensemble du limbe ou par taches) ; — à extrémités se desséchant ; — de couleur rougeâtre. — Pourriture de la quasi totalité des plants d'une parcelle. 	<ul style="list-style-type: none"> — Déficience minérale d'un ou plusieurs éléments minéraux (voir tableau suivant). — Rayonnement excessif. — Pourriture à <i>Phytophthora</i> spp. (cf. plus bas). 	<ul style="list-style-type: none"> (I) p. 119-121. (I) p. 180-181. photo 47.
<p><i>Hétérogénéité par plages</i> : (zone de moindre croissance et/ou de couleur jaune rougeâtre) :</p> <ul style="list-style-type: none"> — \pm Liée à la topographie. 	<ul style="list-style-type: none"> — Excès d'eau localisés (accompagnés souvent d'une pullulation de symphytes), principalement en zone déprimée. 	<ul style="list-style-type: none"> (I) p. 128-131; photos 80. 188-189.
<ul style="list-style-type: none"> — \pm Liée à la nature physique du sol (feuilles rougeâtres). 	<ul style="list-style-type: none"> — Manque d'eau localisé principalement sur sol peu profond, gravillonneux ou très argileux (termitière). 	<ul style="list-style-type: none"> (I) p. 116-118.
<ul style="list-style-type: none"> — \pm Liée au passage des engins utilisés pour l'entretien (chlorose foliaire et brûlure à la base des feuilles). 	<ul style="list-style-type: none"> — Applications localisées de doses excessives de pesticide ou d'engrais (principalement sur les pentes, dans les tournières ou en bout de champ). 	<ul style="list-style-type: none"> photos 141-148.
<ul style="list-style-type: none"> — Apparemment non liée à ces facteurs 	<ul style="list-style-type: none"> — Parasitisme sur racines localisé : nématodes, symphytes... 	<ul style="list-style-type: none"> (I) p. 226-227. photos 76 et 79. (I) p. 236-238. photos 80-83.
<ul style="list-style-type: none"> — Feuilles « zébrées ». 	<ul style="list-style-type: none"> — Embruns marins. 	<ul style="list-style-type: none"> (I) p. 121-122. photo 42.

Hétérogénéité « ponctuelle » (pied à pied ou concernant un nombre très limité de pieds) :			
— Mort des jeunes plants peu après la mise en terre du rejet.	— Pourriture due à <i>Ceratocystis paradoxa</i> . — Pourriture due à <i>Phytophthora</i> spp. (peut exceptionnellement intéresser l'ensemble de la surface d'une parcelle).	(I) p. 189-191. photo 52.	
— Retards dans la reprise du rejet (feuilles jaunâtres rougeâtres).	— Pourriture de la base due à <i>Ceratocystis paradoxa</i> et reprise de croissance après guérison. — Maladie du « Wilt » (contractée sur plant-mère). — Attaque précoce et massive de symphytes.	(I) p. 180-181. photos 47 et 48.	
— Décoloration puis pourriture de la base des feuilles du cœur de la rosette puis de tige et éventuellement du fruit.	— Pourriture due à <i>Phytophthora</i> spp. (voir tableau suivant).	(I) p. 189-191. photo 52. (I) p. 213-218. photo 66. (I) p. 236-238. photos 80-83.	
— Étranglement de la tige et nouvelle émission foliaire au cœur de la rosette de feuilles.	— Rejet stocké trop longtemps.	(I) p. 180-181. photos 48 et 49.	
— Courbure des plants :	— Altération mécanique du méristème terminal ou de la tige (outil ou ravageur).	(II) p. 306-307.	
- feuilles de couleur à peu près normale ;	— Altération fongique de la tige (<i>Ceratocystis paradoxa</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i>).	photo 148.	
- cavités dans le fruit, absence fréquente de couronnes.	— Maladie virale du « Yellow-spot ».	(I) p. 189-191. photo 52. (I) p. 194-195. photo 54.	
- feuilles jaunâtres ou à taches jaunâtres.	— Désficience en zinc.	(I) p. 211-212. photos 74 et 75.	
— Flétrissement brutal (feuilles rougeâtres, extrémités distales dirigées vers le sol, enroulement des bords du limbe). Fruit sec, « yeux » proéminents, chair blanche et acide.	— Maladie du « Wilt »	(I) p. 148. photo 40.	
— Nourriture de la base des jeunes feuilles.	— Brûlures dues à de trop fortes concentrations en engrais ou pesticides (cf. tableau suivant).	(I) p. 213-218. photos 66-69.	
		photos 142-148.	

TABLEAU 59

**Recherche de l'origine des anomalies relevées sur feuilles et racines
(Cultivar 'Cayenne Lisse')**

SUR FEUILLES	ANOMALIES CONSTATÉES	ORIGINE PROBABLE	RENOIS DANS LES PARTIES I ET II DE L'OUVRAGE ET AUX PHOTOS
— Feuilles étroites, ± érigées, ± épineuses, ± jaunâtres.		— Alimentation hydrique ou minérale insuffisante (cf. tabl. précédent).	(I) p. 116-118. (I) p. 142-146.
— Chlorose, généralisée surtout sur jeunes feuilles, plant chétif, feuilles étroites.		— Carence en azote.	(I) p. 146.
— Chlorose légère et généralisée. Aspect marbré.		— Carence en manganèse. Rare.	(I) p. 148. photo 41.
— Chlorose avec « grillage vert ». (Fruits roses à rouges et petits).		— Carence en fer.	(I) p. 148. photo 39.
— Chlorose légère et généralisée. Éventuellement décolorations jaunes en plaques et attaques de Diaspines.		— Carence en zinc. Rare	(I) p. 148. photo 40.
— Chlorose jaune soutenu des vieilles feuilles. Partie ombrée restant verte. Taches jaunes au centre du limbe.		— Carence en magnésium.	(I) p. 148. photos 33 et 34.
— Ponctuations allongées jaunes plutôt sur le bord. Dessèchement de l'extrémité.		— Carence en potassium.	(I) p. 147. photo 32.
— Feuilles en forme de gouttière accentuée.		— Carence en cuivre. Rare.	(I) p. 149.
— Feuilles petites et cassantes, entre-nœuds courts.		— Carence en calcium. Rare	(I) p. 147. photo 35.
— Feuilles « zébrées ».		— Embruns marins (toxicité Na cl.).	(I) p. 121-122. photo 42.
— Dessèchement de la pointe des vieilles feuilles. Zones alternées brunes ± foncées — autres feuilles sombres.		— Carence en phosphore. Rare.	(I) p. 147. photo 36.
— Chlorose de la partie médiane du limbe (principalement).		— Excès d'herbicide.	(II) p. 372-374. photos 142-145.
— Rougissement.		— Rayonnement excessif.	(I) p. 119-121.

<ul style="list-style-type: none">— Rougissement avec couleurs de l'extrémité et enroulement des bords du limbe.— Taches blanches, sèches et parcheminées, cernées de noir.— Taches jaunes, rondes de quelques mm de diamètre. Dessèchement partiel des feuilles dans des cas extrêmes.— Taches vertes, rondes, de quelques mm de diamètre.— Bandes jaunâtres au milieu du limbe.— Jaunissement-rougissement puis pourriture de la base des jeunes feuilles du cœur de la rosette.— Nécroses sur la face interne à la base des vieilles feuilles. Dessèchement de la pointe. Aspect rugueux du limbe.— Exsudation de gomme. Cloques. Dessèchement des jeunes feuilles.— Chlorose et dessèchement de l'extrémité des feuilles.— Pourriture de la base des jeunes feuilles.— Nécroses disséminées. Brun-gris.— Étranglement simultané et synchrone de feuilles voisines.— Pointe des jeunes feuilles rongée.	<ul style="list-style-type: none">— « Wilt ».— <i>Ceratozystis (Thielaviopsis)</i>.— Diaspines.— <i>Dysmicoccus</i>. Races sexuées.— « Yellow-spot ».— <i>Phytophthora</i>.— Acariens souvent visibles, de couleur corail.— Pulvérisations d'urée à concentration excessive.— Teneur trop élevée de l'urée en biuret.— Brûlures dues à de trop fortes concentrations d'engrais ou pesticide.— Brûlures de chlorure.— Tout ralentissement de croissance brutal mais passager.— Divers criquets, Coléoptères et autres ravageurs secondaires.	<ul style="list-style-type: none">(I) p. 213-218. photos 66-69.(I) p. 189-191. photo 53.(I) p. 240-242. photos 85-86.(I) p. 215. photo 70.(I) p. 211-213. photo 74.(I) p. 180-181. photos 48 et 49.(I) p. 242-244. photos 90, 91 et 93.(II) p. 323-325. photos 145 et 146.(II) p. 326. photo 147.(I) p. 247-250. photo 97.				
<table><tr><th>SUR RACINES</th><th>ANOMALIES CONSTATÉES</th></tr><tr><td><ul style="list-style-type: none">— Nodosités visibles à l'œil nu.— Lésions latérales visibles microscopiquement.— Balais de sorcière plus ou moins généralisés. Apex de la racine principale rongé en cratère.— Racines déformées. Émission de racines secondaires.</td><td><table><tr><th>ORIGINE PROBABLE</th><td><ul style="list-style-type: none">— Nématodes <i>Méloïdogyne</i>.— Nématodes <i>Pratylenchus</i>.— Symphytes.— Obstacle mécanique.</td></tr></table></td></tr></table>	SUR RACINES	ANOMALIES CONSTATÉES	<ul style="list-style-type: none">— Nodosités visibles à l'œil nu.— Lésions latérales visibles microscopiquement.— Balais de sorcière plus ou moins généralisés. Apex de la racine principale rongé en cratère.— Racines déformées. Émission de racines secondaires.	<table><tr><th>ORIGINE PROBABLE</th><td><ul style="list-style-type: none">— Nématodes <i>Méloïdogyne</i>.— Nématodes <i>Pratylenchus</i>.— Symphytes.— Obstacle mécanique.</td></tr></table>	ORIGINE PROBABLE	<ul style="list-style-type: none">— Nématodes <i>Méloïdogyne</i>.— Nématodes <i>Pratylenchus</i>.— Symphytes.— Obstacle mécanique.
SUR RACINES	ANOMALIES CONSTATÉES					
<ul style="list-style-type: none">— Nodosités visibles à l'œil nu.— Lésions latérales visibles microscopiquement.— Balais de sorcière plus ou moins généralisés. Apex de la racine principale rongé en cratère.— Racines déformées. Émission de racines secondaires.	<table><tr><th>ORIGINE PROBABLE</th><td><ul style="list-style-type: none">— Nématodes <i>Méloïdogyne</i>.— Nématodes <i>Pratylenchus</i>.— Symphytes.— Obstacle mécanique.</td></tr></table>	ORIGINE PROBABLE	<ul style="list-style-type: none">— Nématodes <i>Méloïdogyne</i>.— Nématodes <i>Pratylenchus</i>.— Symphytes.— Obstacle mécanique.			
ORIGINE PROBABLE	<ul style="list-style-type: none">— Nématodes <i>Méloïdogyne</i>.— Nématodes <i>Pratylenchus</i>.— Symphytes.— Obstacle mécanique.					

TABLEAU 60

Recherche de l'origine des anomalies relevées sur fruit
Anomalies visibles extérieurement (cultivar 'Cayenne Lisse')

ANOMALIE CONSTATÉES	ORIGINE PROBABLE	RENOIS DANS LES PARTIES I ET II DE L'OUVRAGE ET AUX PHOTOS
— Absence de couronne ou couronne très réduite.	— Déficience en Ca. — « Yellow spot ». — Divers ravageurs.	(I) p. 147. photo 35. (I) p. 211-213. photo 75. (I) p. 249-250.
— Feuilles de la couronne rongées.	— Divers ravageurs.	
— Couronnes multiples. Fasciation.	— Température trop élevée à la différenciation florale, plus ou moins développée suivant les clones. — Déficience en Ca et Zn ?	(I) p. 176. } (I) p. 147-148. } photos 6 et 7.
— Excroissance du type bulbille à la base des fruits. Multiplica- tion des bulbilles.	— Anomalie génétique. Fonction des clones et envi- ronnement physique.	(I) p. 24-26 et 176. photo 4.
— Verse.	— Pédoncule trop long : . excès de N et autre désé- quilibre minéral ; . produit florigène. — Pédoncule desséché : sèche- resse	(I) p. 171 et 280. (II) p. 380.
— Bractées rongées.	— Grillons. Divers insectes.	(I) p. 116. (I) p. 249-250.
— Altération des tissus. Courbure du fruit.	— Blessure mécanique, parasi- taire ou non.	(I) p. 194-195 ; 211-212 ; 244...
— Décoloration localisée. Jaunissement. Courbure.	— Coup de soleil.	(I) p. 175-176 et 177. photos 27-29.

— Fruit conique.	— Anomalie génétique.	(I) p. 32.	
	— Produit florigène.	(II) p. 380.	
	— Nutrition hydrique ou minérale insuffisante.	(I) p. 166-170.	
	— Excès de Matière Organique.		
— Crevasses et craquelures liégeuses entre les yeux.	— Brusque déséquilibre hydrique à maturation.	(I) p. 176.	
	— Déficience en B.	(I) p. 149.	photo 37.
	— <i>Penicillium funiculosum</i> « interfruit corking ».	(I) p. 201.	
	— Toxicité de certains herbicides (Dalapon)*.	(II) p. 372-375.	
— Yeux proéminents.	— Wilt.	(I) p. 214-215.	photo 68 et 69.
	— Carence en Fe si fruit rouge.	(I) p. 148.	photo 38.
	— Sécheresse ou T° trop basse.	(I) p. 164-167.	photo 30.
	— Déficience racinaire.	(I) p. 157-158.	
— Fruit rouge.	— Carence en Fe.	(I) p. 148.	photo 38.
— Exsudation de gomme dure débouchant d'une galerie. Fruit déformé.	— <i>Thecla</i> ou sur cultivar ' Red spanish ' ; <i>Balachedra</i> . Amérique latine exclusivement.	(I) p. 244-249.	photo 95.
— Exsudation de gomme hyaline plus ou moins fluide. Cavités internes gélatineuses.	— <i>Fusarium moniliforme subglutinans</i> , en général lié à une attaque de ravageurs. Fusariose. Amérique latine seule.	(I) p. 194-195.	photo 57.
— Fermentation du fruit. Exsudation de mousse.	— Attaques de levure dues au retour brutal d'une alimentation hydrique à l'approche de la récolte.	(I) p. 210-211.	photo 64.
— Pourriture localisée. Fruit déliquescent. Odeur douceâtre et éthérée.	— <i>Ceratocystis paradoxa</i> lié à une blessure, cf. aspect intérieur. Pourriture à Thielaviopsis.	(I) p. 191.	photos 50 et 51.
— Œil déprimé, à maturation avancée, brun à la récolte.	— Complexe <i>Penicillium-Fusarium</i> . Taches noires.	(I) p. 200-201.	
— Fruit vert-olive. Exsudation mousseuse jaune verdâtre. Odeur acide.	— <i>Erwinia chrysanthemi</i> . « Fruit collapse ». Malaisie principalement.	(I) p. 207-208.	photos 63.

TABLEAU 60 (suite)

Anomalies visibles qu'intérieurement (cultivar 'Cayenne Lisse')

ANOMALIE CONSTATÉE	ORIGINE PROBABLE	RENOIS DANS LES PARTIES I ET II DE L'OUVRAGE ET AUX PHOTOS
— Translucidité avancée de la chair par rapport à la coloration de la peau. Acidité faible. Grande fragilité mécanique.	— « Jaune ».	(I) p. 177. photos 45 et 46.
— Pourriture de la chair. Amollissement avec coloration jaune vif puis liquéfaction des tissus atteints avec apparition de spores noires. Odeur douceâtre et éthérée. Progression à partir du pédoncule ou d'un point latéral (choc).	— <i>Ceratocystis paradoxa</i> .	(I) p. 191. photos 50 et 51.
— Taches noires à brunes, plus ou moins centrées sur un œil mais extension possible. Plus ou moins sèches ou humides.	— Complexe fongique : <i>Penicillium-Fusarium</i> . Taches noires.	(I) p. 200-201. photos 58-61 et 99-102.
— Taches brunes débutant en haut du fruit à la base des yeux. Progression le long du cylindre central puis envahissement généralisé.	— « Brunissement interne » après une exposition au froid (au champ ou pendant le transport réfrigéré).	(I) p. 178-179. photos 43 et 44.
— Taches sèches radiales au niveau des locules. Tissus voisins n'évoluant pas.	— Bactérie. « Maladie marbrée ».	(I) p. 209.
— Pulpe ou jus prenant une teinte brune à rose après cuisson.	— Bactéries. « Pink disease ».	(I) p. 206. photo 62.
— Subérisation des parois des loges carpellaires	— <i>Penicillium funiculosum</i> . « Leathery pocket ».	(I) p. 201. photos 60 et 61, 99-102.
— Crevasses longitudinales du cylindre central. Parfois très volumineuses.	— Grave déficience hydrique.	(I) p. 166-167. photo 31.

TROISIÈME PARTIE

UTILISATIONS DE L'ANANAS

Le fruit est naturellement le principal but de la culture, on a cherché surtout à partir du début des années 1970 d'une part à diversifier et élargir les utilisations possibles, d'autre part à valoriser au maximum les différents co-produits issus de l'utilisation industrielle du fruit. Mais la valorisation de l'ananas ne s'arrête pas là et on a essayé parallèlement de tirer profit de la plante elle-même.

La figure 74 tirée d'une étude de ESTANOVE (1982) schématise les différentes utilisations possibles de l'ensemble de la plante.

Sur la droite de celle-ci, on a regroupé celles intéressant l'alimentation humaine allant de la consommation « en frais » à la fabrication de vinaigre, en passant par la gamme de toutes les utilisations plus ou moins « classiques » servant à diversifier l'alimentation humaine sous des formes très variées.

Sur la gauche, on a regroupé par contre toute la gamme des utilisations possibles à partir des co-produits de la transformation du fruit et des parties végétatives de la plante, allant des fibres extraites de feuilles pour la fabrication de tissu à la fabrication de carburant (gaz, alcool) — en passant par des utilisations moins « sophistiquées » telles que des aliments pour le bétail.

Le tableau 7 placé dans la partie consacrée à la botanique (cf. I.3.1) précise, dans le cas d'une culture industrielle de 'Cayenne Lisse', l'importance pondérale des différentes parties de la plante à la récolte du fruit et les poids secs correspondants, ce qui donne en % des poids totaux (tableau 61).

TABLEAU 61

	% du poids frais total	% du poids sec total
racines	6,80	3,68
feuilles	38,83	31,90
tiges et pédoncule	10,29	12,88
fruit	35,92	45,40
couronne	5,83	4,29
cayeux	2,33	1,85

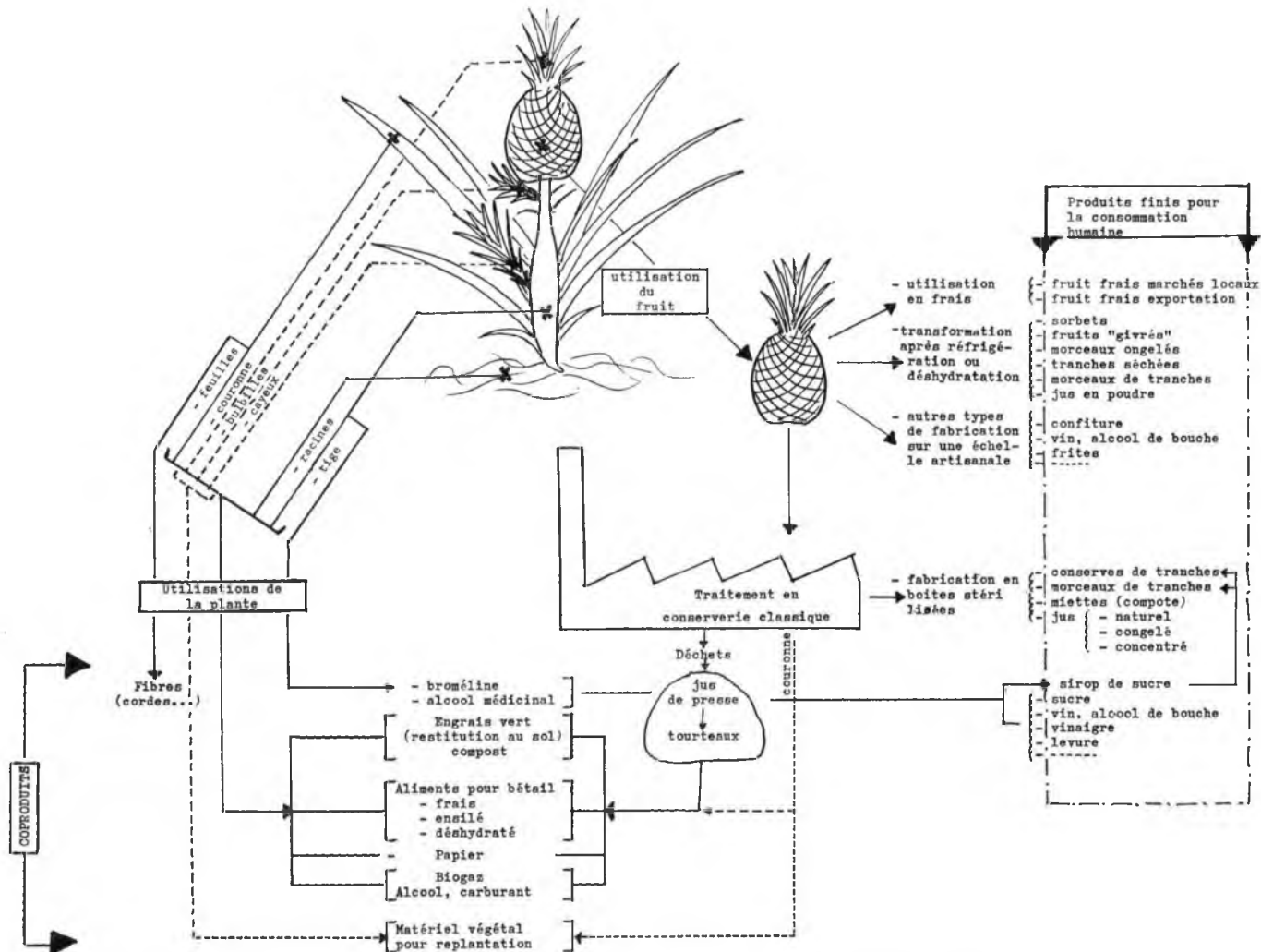


FIG. 74. — Utilisations possibles de l'ananas (d'après ESTANOVE, 1982)

CARVALHO *et al.* (1980) donnent des pourcentages sensiblement plus faibles pour le fruit avec ce même cultivar. Il est probable que ces données aient été obtenues après un cycle plus long, ce qui a favorisé la partie végétative par rapport au fruit.

Les interventions technologiques pour l'utilisation de ces matières premières peuvent prendre des aspects très différents suivant l'objectif économique que l'on se propose d'atteindre.



III. 1. — UTILISATIONS DU FRUIT

III. 1.1. — CONSOMMATION EN FRAIS

La composition du fruit a été donnée dans le chapitre « Principales caractéristiques botaniques » (cf. I. 3.1.5.2). De par sa teneur relativement élevée en sucre (12 à 18° Brix), on peut le considérer comme un aliment énergétique : un verre de jus (150 cc environ) contient en moyenne 75 calories (HUET, 1958). Le fruit contient toutes les vitamines sauf la vitamine D, mais pas en quantités importantes. Les cendres sont riches en bases, en potassium principalement.

III. 1.1.1. — Fruits frais offerts sur les marchés locaux

Les fruits commercialisés sont habituellement proches de leur complète maturité. A proximité des lieux de production, le plus souvent, ils sont d'autant plus appréciés qu'ils sont volumineux. Dans les régions d'origine de l'ananas (Amérique latine), la gamme des cultivars présentés est assez large, ailleurs elle est beaucoup plus restreinte.

Le plus souvent peu de réglementations, si ce n'est quelques règles minimales concernant l'hygiène, régissent ce type de commercialisation.

Les fruits sont vendus en général à la pièce, entiers avec couronne intacte ou plus ou moins mutilée, mais il n'est pas exceptionnel de les voir vendre également en tranches ou en secteurs.

Les seuls problèmes techniques qui se posent ont trait aux délais d'acheminement et aux conditions de stockage. Il est indispensable que les fruits n'aient eu à subir qu'un minimum de meurtrissure au moment des opérations de récolte et au cours du transport, faute de quoi ils s'altèrent rapidement (photos 166, 167, 168).

III. 1.1.2. — Fruits frais destinés à l'exportation

5 % environ de la production totale d'ananas font l'objet d'une exportation. L'une des principales difficultés relatives à cette spécu-

lation tient à la fragilité du fruit. Il existe à cet égard de grandes différences entre cultivars. Ceux du groupe Perolera ont une chair très ferme permettant d'éviter, pour des transports sur des distances relativement courtes, des emballages sophistiqués ; ceux du groupe Cayenne sont par contre très fragiles et exigent beaucoup de soins ; ceux appartenant aux groupes Queen et Spanish par contre se placent de façon intermédiaire.

La très grande majorité des exportations étant en Cayenne Lisse, c'est dans le contexte de ce cultivar que l'on se placera dans ce qui suit.

Tri : sont écartés de l'exportation tous les fruits présentant une défectuosité sérieuse altérant leur présentation (malformation, meurtrissures d'origines diverses, présence de parasites) et ceux dont le degré de maturité est soit trop, soit insuffisamment avancé. Sont éliminés également les fruits présentant certains indices laissant supposer une « altération » interne, qu'elle soit d'ordre physiologique (« jaune » correspondant à une surmaturité de la chair : cf. I. 4.1.4.3.4) ou parasitaire (« taches noires » : cf. I. 4.2.1.3.1). Cette dernière se reconnaît, du moins chez certains cultivars, par le fait que la surface de l'œil a tendance à se décolorer précocement. Il est beaucoup plus difficile, par contre, de déceler les fruits atteints de « jaune ». On les élimine le plus souvent en les plongeant dans un bac d'eau : ils ont tendance à couler alors que les fruits à maturité moins avancée surnagent.

En l'absence de « jaune », le tri peut se faire sur le terrain à la récolte. En sa présence, le tri le concernant ne peut se réaliser pratiquement qu'au niveau de la réception de la station de conditionnement.

La « *préparation du fruit* » est effectuée soit sur le terrain par l'ouvrier chargé de la récolte, soit le plus souvent par celui chargé du tri. Elle consiste à enlever les bractées de la base du fruit et à ajuster éventuellement la longueur du pédoncule à celle préconisée par les réglementations en vigueur. Elle peut se compléter par un brossage destiné à débarrasser le fruit d'éventuelles colonies de cochenilles ; ce brossage a cependant l'inconvénient d'altérer l'éclat de la peau. Mais l'opération la plus importante consiste à protéger le fruit d'infection à *Ceratocystis paradoxa* (cf. I. 4.2.1.2.1) elle peut se limiter à la désinfection de la section du pédoncule ou intéresser l'ensemble du fruit, soit par immersion dans un bain (qui permet par ailleurs d'éliminer les fruits mûrs), soit par passage sous des « jets-brouillards ». La technique et les produits préconisés sont détaillés dans le chapitre de la Protection Phytosanitaire traitant de la lutte contre ce pathogène (cf. II. 9.2).

On peut également réaliser des *traitements complémentaires* destinés à allonger la vie du fruit en limitant la respiration.

Avec certaines cires, on parvient à réduire les pertes de poids et à ralentir l'accroissement d'acidité lié au stockage réfrigéré mais il ne semble pas que la présence de la cire ait une incidence sur l'évolution des sucres (TISSEAU R. *et al.*, 1981) (TISSEAU R. et SOLER, 1982; PAULL et ROHRBACH, 1982). Par contre la présence d'une cire pourrait ralentir la diminution de la teneur en acide ascorbique (PAULL et ROHRBACH, 1982) comme par ailleurs l'évolution de la coloration de la peau (ROHRBACH et PAULL, 1982). Les cires peuvent améliorer cependant la présentation du fruit en lui donnant plus d'éclat. L'emploi de films rétractables a également été essayé mais leur présence favorise le développement de champignons, difficile à limiter sur la peau du fruit.

Les fruits sont ensuite *calibrés*. L'unité de vente pour les fruits à l'exportation est habituellement la caisse ; de ce fait, les importateurs désirent recevoir des caisses au contenu homogène, d'où la nécessité d'un calibrage qui est basé soit sur le poids (pratique généralisée dans les pays fournisseurs de l'Europe Occidentale), soit sur le diamètre maximum (technique qui se pratique encore sur une grande échelle dans les pays qui approvisionnent essentiellement l'Amérique du Nord).

Dans l'un ou l'autre cas, il existe le plus souvent 6 classes, mais dans le cas du calibrage au poids, on tend à les ramener à 4. Le tableau 62 précise les limites des classes de poids dans le cas des productions pour l'Europe Occidentale, et des classes de diamètre maximum dans un cas précis : celui de Puerto-Rico.

Le calibrage par poids se fait soit manuellement à l'aide de balances ordinaires ou de pesons (photo 162), soit de plus en plus à l'aide de calibreuses rotatives à balancelles (LETOREY, 1966), capables de traiter 3 t/h (photos 163 à 165).

Le calibrage par diamètre maximum est réalisé habituellement grâce à des cordons divergents qui laissent tomber les fruits dès que leurs distances dépassent leur diamètre maximum.

Quel que soit le mode de calibrage, on a des poids nets variables par caisse. Dans certains pays cependant, des importateurs préfèrent un poids fixe par colis, ce qui conduit à l'abandon du calibrage fruit par fruit au profit de la confection de caisses de poids à peu près constant.

Un *tri par maturité* complète habituellement le calibrage ; trois classes sont généralement admises (cf. II. 1.1.2).

Avec trois récoltes par semaine, on estime en Côte-d'Ivoire qu'une moyenne de 10 à 15 % des fruits sont éliminés de l'exportation si l'on veut assurer une bonne qualité.

Emballage : Deux techniques principales sont utilisées : l'emballage « à plat » (horizontal) sur une à trois couches, et l'emballage « vertical ».

TABLEAU 62

Exemple de calibrage et d'emballage pour l'ananas

	Couronne du fruit	Limites de classe de poids (en kg)	Calibres normalisés	Nombre de fruits par caisse	Disposition des fruits dans la caisse	Dimensions intérieures des caisses (en mm)		
						long.	larg.	haut.
Côte-d'Ivoire (Exportation sur l'Europe Occidentale modèle utilisé depuis fin 81)	couronnes réduites	1,8 à 2,3 kg	1	8	Disposition verticale « à l'endroit »	535	286	280
		1,5 à 1,8 kg	2	8	Disposition verticale « à l'endroit »	»	»	»
		1,3 à 1,5 kg	3	12	Disposition verticale « à l'endroit »	535	370	250
		1,1 à 1,3 kg	4	12	Disposition verticale « à l'endroit »	»	»	»
		0,9 à 1,1 kg	5	12	Disposition verticale « à l'endroit »	535	370	220
		0,7 à 0,9 kg	6	20	Disposition verticale « à l'endroit »	544	434	194
Hawaï (Exportation sur le « main-land » des U.S.A. et le Canada)	couronnes entières			5 à 6	Disposition verticale « tête-bêche »	340	250	310
				8 à 16	Disposition verticale « tête-bêche » avec éventuellement une couche en disposition « horizontale » à la partie supérieure de la caisse	450	305	310
				8 à 14	Disposition « à plat » « tête-bêche » mais durant les transports les caisses se posent sur les « têtes ». Côtés carrés 360 x 360. Les fruits sont alors en position verticale « tête-bêche »	450	360	360
Kenya (exportation sur l'Europe Occidentale)	couronnes entières	1,3 à 2,3 kg ou 0,9 à 1,3 kg		6 à 8 ou 9 à 16	Disposition verticale « tête-bêche » Disposition verticale « tête-bêche » ou « à plat » en 4 étages pour les fruits les plus petits	405	275	370
Côte-d'Ivoire Nouvel emballage standard en expérimentation	couronnes entières	1,8 à 0,9 kg			Disposition « à plat » pour les fruits de petit calibre, et éventuellement disposition « verticale » « tête-bêche » pour les fruits de gros calibres	600 ou 300	400	2

N. B. — Les normes de palettisation se présentent comme suit :

- Normes américaines : 91 x 110 cm (pour avion et trafic intérieur) et 110 x 110 cm (pour frigorifiques et conteneurs - simple entrée) ; utilisées à Hawaï et en Côte-d'Ivoire.
- Normes européennes : 80 x 100 cm et 100 x 120 cm (double entrée) ; utilisées au Kenya et expérimentées en Côte-d'Ivoire avec le nouvel emballage.

La première (photos 156 et 157) présente l'avantage principal de ne nécessiter qu'un seul ou, au plus, deux modèles de caisse. Les fruits sont disposés tête-bêche en chevauchant plus ou moins sur les couronnes des fruits voisins ; ce qui permet de mettre d'autant plus de fruits qu'ils sont plus petits. Mais on peut jouer également sur la nature et le volume des tampons disposés éventuellement entre fruits.

Avec l'emballage vertical (photos 154 et 155), généralisé pour les fruits destinés à l'Europe Occidentale, la mise en caisse est plus

rapide, la protection individuelle des fruits est mieux assurée ainsi que la ventilation, mais plusieurs modèles de caisse — quatre habituellement — sont alors nécessaires et ceux-ci sont difficilement palettisables. Dans certains pays, les deux techniques sont adoptées ; l'emballage « vertical » est réservé aux gros fruits, l'autre aux plus petits. Des exemples de caisses précisant le nombre de fruits contenus en fonction de leur calibre sont donnés sur le tableau 62.

Une variante de l'emballage « vertical » consiste à placer au milieu de la caisse un à deux fruits en sens inverse des autres ou même un rang de fruits placés horizontalement, ce qui permet une meilleure occupation du volume.

Les matériaux utilisés pour la confection des caisses ont beaucoup évolué au cours des 30 dernières années : du bois brut, on est passé au bois déroulé armé et à différentes fabrications à base de cellulose, mais progressivement le carton s'est imposé dans les principaux pays producteurs.

La protection individuelle des fruits dans le cas d'emballage « horizontal » fait appel à différentes qualités de papier, de carton ou de matelas (avec ou sans papier) (photos 156).

Dans le cas des fruits de 'Perola' exportés du Brésil sur l'Argentine, les bulbilles en très grand nombre habituellement chez ce cultivar servent de matelas protecteur. Par cette technique (apparemment économique), le rapport poids net consommable/poids brut est cependant particulièrement faible (photo 157).

A noter par ailleurs l'utilisation de caisses palettes pliables dans lesquelles les fruits sont disposés verticalement, capables de contenir environ 800 kg net de fruits. Dans cette technique utilisée pour le transport des fruits des Philippines sur le Japon, on limite les meurtrissures en interposant entre fruits de simples couronnes de papier.

En Côte-d'Ivoire, quand toutes les opérations allant du tri à la mise en caisse se font manuellement, sauf le calibrage (qui se fait à l'aide d'une calibreuse rotative), on estime que 132 j sont nécessaires pour un rendement moyen de 65 t exportées/ha ; ce qui correspond à une moyenne de 2 journées de travail par tonne emballée (BOUFFIN, 1979) (fig. 75 : exemple d'organisation d'une station d'emballage en Côte-d'Ivoire).

Si on intègre toutes les opérations allant de la récolte à la mise en caisse, y compris leur montage (150 cartons/journée) ainsi que le nettoyage de la station de conditionnement, le nombre total de journées/ha s'élève à 348, soit cinq journées par tonne emballée.

L'efficacité de la main-d'œuvre peut être améliorée en faisant appel à des « machines à récolter », aménagées de façon à assurer un maximum de protection à tous les stades et en s'aidant d'équipements pour faciliter la préparation des fruits.

Dans plusieurs pays : Australie, Hawaii, on a cherché à faire appel à des stations de conditionnement mobiles pour diminuer les

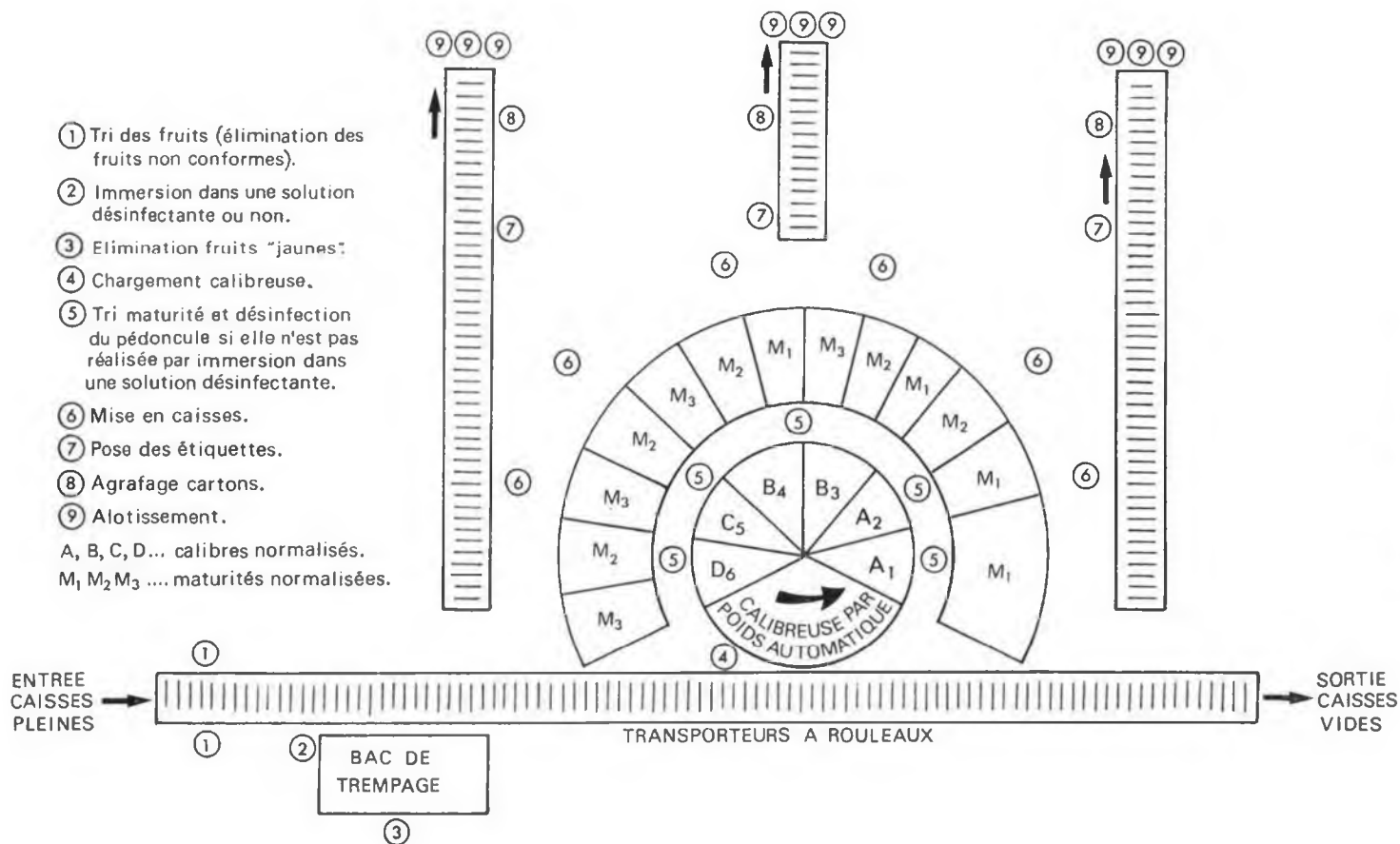


FIG. 75. — Exemple d'organisation d'une station d'emballage en Côte-d'Ivoire (d'après BOUFFIN, 1982).

charges relatives au transport (estimé en Côte-d'Ivoire à $\pm 0,5$ jour/tonne) ; malheureusement, les avantages obtenus ne compensent pas les inconvénients.

Stockage et transport réfrigéré

Dans le cas d'un transport sur de faibles distances et d'une commercialisation rapide, si toutes les mesures ont été prises pour éviter des meurtrissures lors des opérations de récolte et de conditionnement et si les fruits ont été correctement protégés d'infestations fongiques, une bonne ventilation des fruits suffit habituellement pour les présenter dans un état marchand satisfaisant.

Par contre, si le transport porte sur de longues distances exigeant de nombreuses journées, on doit faire appel au froid pour freiner l'évolution de la maturité des fruits. Tous les auteurs s'accordent à reconnaître que la température de 8° C est la mieux adaptée à des fruits récoltés à un degré de maturité assez avancé (AKAMINE et Goo, 1971). L'humidité de l'enceinte doit être proche de la saturation et un renouvellement de l'air est toujours préférable. Le stockage des fruits lors de leur commercialisation doit être réalisé à des températures avoisinantes. A ces températures, les fruits n'évoluent que très lentement. Cependant on constate une forte augmentation de l'acidité, d'autant plus marquée que la température est basse et que le temps de stockage se prolonge. Cette augmentation d'environ 35 % pour un stockage à 8° C pendant 10 jours (TISSEAU R. *et al.*, 1981) doit être prise en compte lors de l'établissement des programmes de fumure (cf. Fertilisation : II. 7).

Parallèlement, la saveur du fruit se modifie progressivement avec le développement de substances aromatiques ; aussi est-il très souhaitable de ne pas dépasser un stockage total de trois à quatre semaines à de telles températures (temps de transport plus temps de stockage pendant la phase de commercialisation), faute de quoi la déviation de la saveur du fruit est trop importante.

On a intérêt à ce que la chaîne du froid se prolonge le plus loin possible... Si possible jusqu'à la consommation du fruit, tout particulièrement quand on a affaire à des fruits pauvres en acide ascorbique : il peut, en effet, dans ce cas se développer des activités enzymatiques entraînant un brunissement de la chair, altération connue habituellement sous le terme de « brunissement interne » (cf. I. 4.1.4.3.5) (photos 43 et 44). De tels types d'accidents sont tout aussi à craindre dans le cas de rupture de la chaîne du froid en amont, par exemple quand procédant à un stockage réfrigéré dans l'attente d'un chargement en cale de navire réfrigéré, il s'est produit une rupture du froid avant le chargement. Mais dans l'un ou l'autre cas, cette altération de la chair n'apparaîtra qu'après que le fruit ait été porté à une température sensiblement supérieure (18-20° C).

Une rupture du froid peut avoir, par ailleurs, des conséquences sur la présentation du fruit : il peut y avoir jaunissement de la couronne, suivi du dessèchement de l'extrémité des folioles et éventuellement développement de pathogènes banals sur la surface du fruit, consécutif à une condensation.

Un stockage à des températures inférieures à 7° C risque d'altérer gravement les tissus, ce qui entraîne, après un retour à des températures voisines de 20° C, une chute de l'acidité en quelques jours puis la désagrégation des tissus (TISSEAU R., 1982) en commençant par les tissus épidermiques et sous-épidermiques (photo 149).

L'idéal pour le transport sur de longues distances est, bien entendu, de pouvoir faire appel à des conteneurs réfrigérés maintenant une température optimale, du chargement en station de conditionnement à l'entrepôt du grossiste du pays consommateur... voire au magasin de détail (cas des supermarchés).

Pour ralentir les échanges respiratoires au niveau du conteneur, on a appauvri en oxygène l'atmosphère. En la maintenant à 2 % avec un mélange d'air conditionné d'azote, AKAMINE et Goo (1971) sont parvenus à allonger de 1 à 3 j la durée de vie du fruit.

La conservation de cartons en sacs plastiques plus ou moins étanches n'entraîne pratiquement pas de modification de l'atmosphère à 8° C : la respiration est trop faible. Par contre, à 20° C l'appauvrissement en oxygène et l'enrichissement en gaz carbonique sont notables ; l'évolution de l'épiderme est alors fortement ralentie, mais comme dans le cas de l'usage de films rétractables individuels, il peut se produire des condensations qui provoquent le développement de champignons sur la couronne essentiellement, mais par ailleurs la flaveur du fruit est profondément altérée (TEISSON, 1977).

III.1.2. — FABRICATION DE CONSERVES « CLASSIQUES »

Dans le concert des échanges internationaux, l'ananas est essentiellement commercialisé sous la forme de conserves en boîtes métalliques stérilisées, assurant une longue conservation de produits de qualité, directement utilisables par le consommateur. Près du quart de la production mondiale est utilisé dans ces fabrications.

III.1.2.1. — Les différents produits fabriqués

La plus prestigieuse des fabrications, parce que la plus prisée du consommateur, est la *tranche d'ananas au sirop*, universellement appréciée telle quelle en tant que dessert ou préparée de différentes façons. Le tableau 63 précise les différents types de fabrication normalisés.

TABLEAU 63

Principales caractéristiques des conserves de tranches d'ananas au sirop

Normes Internationales	Types de boîtes		Contenance en ml	Poids net total (g)	Poids net égoutté (g)	No tranches	Diamètre des tranches en mm	Épaisseur des tranches en mm
	Normes françaises	Normes américaines						
3	1/1 (H-33001)	2 1/2	850	830	490	8-10-12	93,3-99,0	9,0 à 12,90
			844	891,3		8	95,2	12,95
4	3/4	2	580	570	340	10-12	76,9-83,7	10,3-10,4
			582	616,3		10	79,4	10,3
7	1/2	1 1/4	425					
			401	504,0		10	68,0 à 69,8	10,3 à 10,7

Les boîtes sont disposées dans des cartons à raison de 24 boîtes par carton pour les formats les plus courants : 1/1 (21/2) et 3/4 (2). L'unité standard qui était de 24 boîtes 1/1 (21/2) correspondant à 20,4 kg net jusqu'en 1979 tend de plus en plus à être remplacée par l'unité de 24 boîtes 3/4 (2) correspondant à un poids net variant de 13,9 à 14,3 kg net.

La tranche d'ananas au sirop constitue un élément énergétique : une tranche fournit en moyenne 100 calories. Outre des sucres, 22,3 % du poids total, elle contient de l'acide citrique, 0,6 %, des protéines, 0,4 % ; les cendres représentent 0,3 %.

Les morceaux de tranches. Considérés habituellement comme co-produits de la fabrication de tranches entières. On distingue le plus souvent : les tranches brisées, les secteurs, les cubes. Ils sont très utilisés en pâtisserie et en confiserie. Co-produit de ces dernières fabrications, on a la *compote* (« miettes » suivant une nouvelle normalisation proposée (« Crush »)), au naturel ou sucrée, elle est utilisée également dans la pâtisserie ou la confiserie ainsi que dans la fabrication de produits laitiers aux fruits ou entre dans la fabrication de sorbets.

En 4^e position dans la séquence des co-produits vient le *jus* utilisé pur ou éventuellement concentré dans la fabrication de diverses boissons.

La figure 76 présente l'ensemble de ces fabrications et les parties du fruit qui ont servi à leur obtention. Dans le cas de petits fruits, la fabrication de tranches n'est pas possible. L'ensemble du fruit est habituellement pressé avec ou sans épluchage pour produire du jus.

Les « *déchets* », qui proviennent essentiellement des extrémités du fruit ou « calottes », des peaux et des résidus de presse, représentent quelques 35 % du poids du fruit entrant en conserverie moderne, mais peuvent atteindre 50 % dans les conserveries les moins bien équipées. De plus en plus, on en extrait un jus (2^e jus) servant à

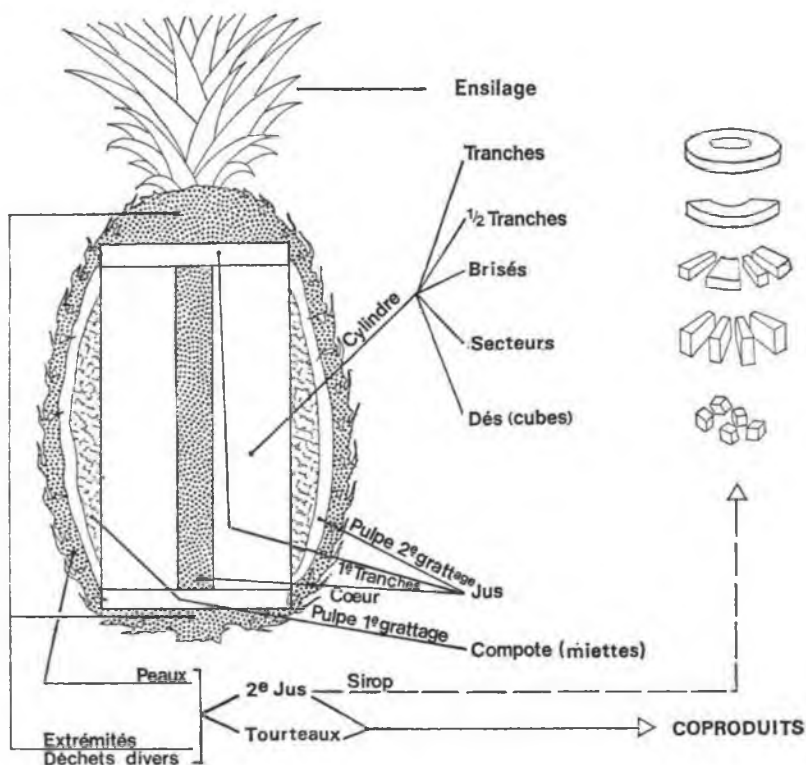


FIG. 76. — Origine des différentes fabrications dans une conserverie moderne (l'utilisation des co-produits est donnée par ailleurs).

la fabrication d'un sirop utilisé pour baigner les tranches d'ananas. Les *vrais déchets* dans les conserveries modernes constituent alors les résidus de presse de ces parties du fruit et représentent 5 à 8 % du poids du fruit entrant en conserverie. Ils sont à l'origine de graves pollutions si on ne les utilise pas. Leurs utilisations possibles sont précisées plus loin.

III.1.2.2. — Schémas des fabrications

Il existe toute une gamme de schémas de fabrication entre celui suivi par de petits ateliers de fabrication où la majorité des opérations se font manuellement et celui adopté par les grandes conserveries modernes. Dans ce qui suit, on a cherché à présenter les principales étapes de la fabrication des conserves dans une usine de transformation moderne, en se basant essentiellement sur une enquête de CRUESS (1961 a). Ces étapes sont schématisées par les figures 77 et 78 empruntées au même auteur et complétées par la suite.



FIG. 77. — Schéma de la fabrication des conserves - Articulation des différentes chaînes.

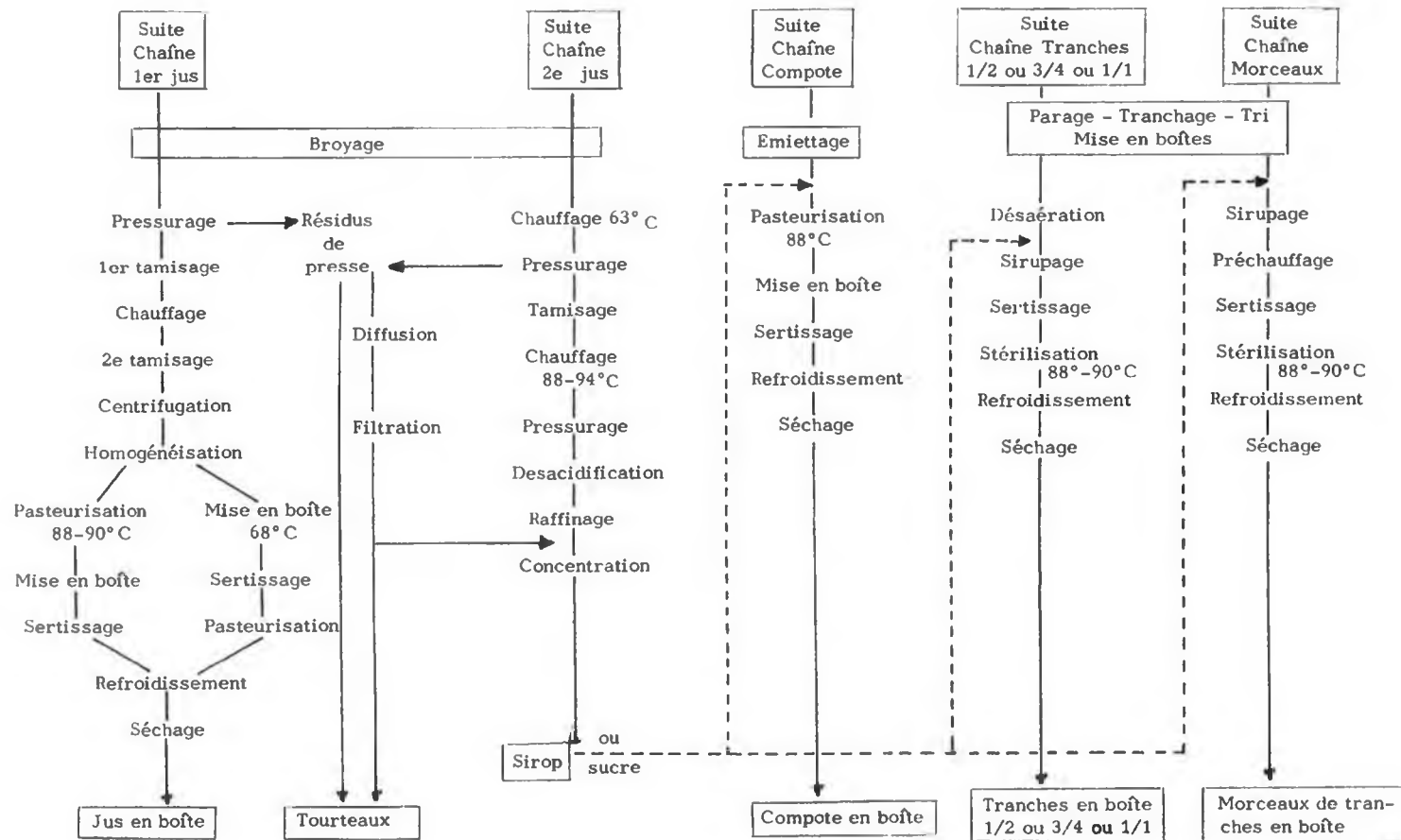


FIG. 78. — Schéma de la fabrication des conserves.

Détail des opérations :

- après la mise en boîte pour les chaînes de tranches et morceaux de tranches.
- après le broyage et l'émiettage pour les autres chaînes.

— Réception des fruits

Les fruits, à leur arrivée, sont soit déchargés directement sur des tapis roulants acheminant les fruits aux machines de traitement, soit stockés provisoirement dans des bassins de réception pleins d'eau ou, dans le cas de conteneurs, entreposés éventuellement pour une durée un peu plus longue sur des aires d'entreposage (photos 172 et 175).

— Calibrage

Des lieux d'entreposage, les ananas sont repris pour être calibrés suivant leur diamètre en passant sur des paliers de rouleaux hélicoïdaux à écartements croissants. Les fruits sont ensuite acheminés par calibre dans des casiers de stockage qui peuvent être également des bassins dans lesquels un courant d'eau assure leur déplacement.

Il y a habituellement de trois à cinq classes de fruits, établies en fonction du type de conserve que l'on se propose de réaliser : 1/2, 3/4 et 1/1 (ou 4/4) correspondant respectivement aux normes américaines 1, 2 et 2 1/2. Les limites des classes peuvent différer quelque peu d'une conserverie à l'autre suivant la demande du marché, le matériel de fabrication et la forme du fruit susceptibles de varier légèrement en cours de campagne.

Afin d'accroître le rendement en tranches 1/1 par exemple, on peut diminuer légèrement l'écartement entre rouleaux du palier précédent pour « récupérer » des fruits qui, normalement, auraient dû passer sur la chaîne 3/4. En opérant de la sorte, le parage du cylin-

TABLEAU 64

Exemple d'utilisation de fruits de différentes classes pour la fabrication de tranches

d'après ESTANOVE (1982)

Classes de fruits	1	2	3	4	5
Limites des classes					
Diamètre maximum des fruits en cm (base du calibrage)	9,8	10,8	11,8	13,2	
Longueur correspondante des fruits en cm	12,7	13,5	16,0	19,8	
Poids correspondants des fruits en kg	0,77	0,99	1,4	2,1	
Diamètre des tranches		69,85	79,37	95,25	---
Normes correspondantes des conserves :					
- normes françaises		1/2	3/4	1/1	---
- normes américaines		1	2	2 1/2	---
Fruits ayant servi à leur obtention		→	→	→	→

dre doit être plus conséquent, ce qui nécessitera davantage de main-d'œuvre pour cette opération.

Le tableau 64 donne, à titre d'exemple, des limites de classes de diamètre maximum rencontrées fréquemment en conserverie d'ananas et les poids et longueurs des fruits qui y correspondent habituellement dans le cas de cultivars du groupe 'Cayenne Lisse' (ESTANOVE, 1982).

Il montre que l'on n'a pas intérêt à avoir des fruits de diamètre supérieur à 13 cm correspondant à un poids moyen supérieur à 1,8 kg. Avec de tels fruits, le cylindre peut être légèrement plus long et est donc susceptible de donner quelques tranches supplémentaires, mais d'une part la masse de chair inutilisable pour la fabrication de tranches est très fortement accrue, d'autre part le diamètre de la partie centrale du fruit, très fibreuse, « cœur », est lui-même accru, ce qui ne peut que diminuer la qualité de la tranche, à moins d'accroître l'évidement central et donc de diminuer la partie consommable étant donné que le diamètre de la boîte est standard et normalisé.

L'évolution du rendement en tranches 1/1, avec un même couteau cylindrique correspond à ce calibre, pour des fruits de poids croissant, apparaît nettement sur la figure 79, tirée d'une étude de PY et GUYOT (1970 b).

Les 3 grandes catégories de fruits issus du calibrage :

- diamètre maximum compris entre 9,8 et 10,8 cm (correspondant à des poids allant de 0,770 à 0,990 kg),
- diamètre maximum compris entre 10,8 cm et 11,8 cm (correspondant à des poids allant de 0,990 à 1,400 kg),
- diamètre maximum supérieur à 11,8 cm (correspondant à des poids supérieurs à 1,4 kg),

vont suivre des chaînes de fabrication différentes mais cependant parallèles, du moins en ce qui concerne les 2 dernières catégories.

III. 1.2.3. — Schéma type d'une ligne de fabrication (fig. 77 et 78)

III. 1.2.3.1. — CYLINDRAGE (AVEC OU SANS ÉCÉURAGE)

Les fruits d'une même classe de diamètre passent par une cylindreuse chargée d'extraire le cylindre de chair. En même temps que cette opération, les modèles les plus sophistiqués (« Ginaca » de Food Machinery Corporation, « Honiron », « Dulieu » des Ets LEAU (photos 177, 178, 179 et 180) :

- coupent les deux « extrémités » du fruit ou « calottes » ;
- grattent la chair restante qui adhère à la face intérieure de la peau, une première fois superficiellement, une seconde fois plus profondément ;

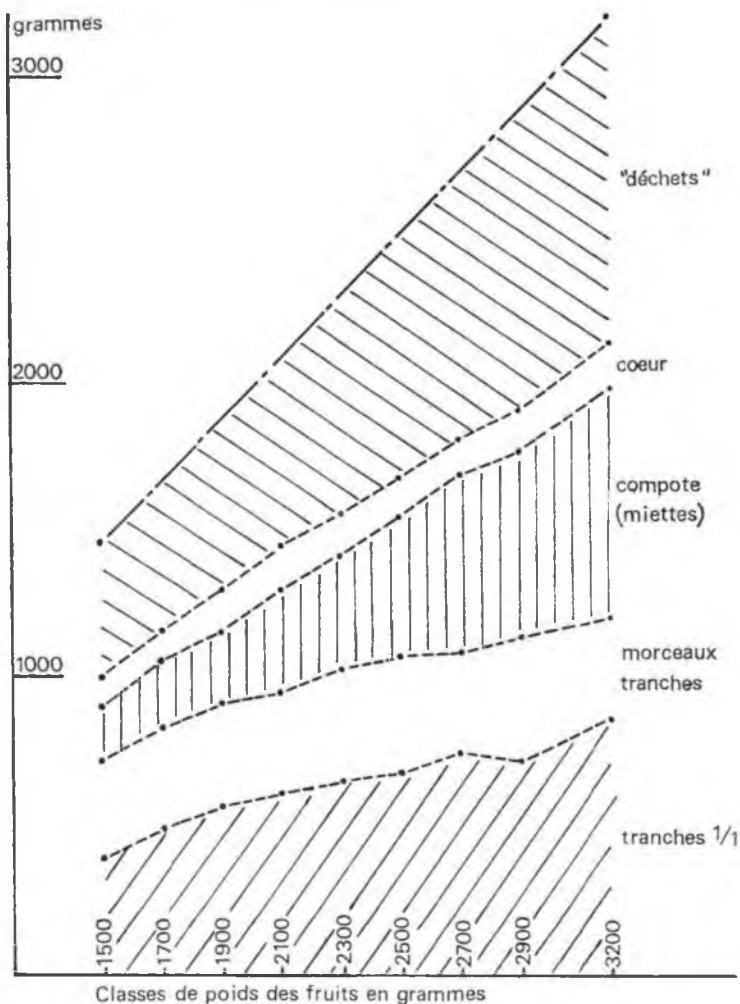


FIG. 79. — Évolution des poids des différents produits bruts obtenus en fonction du poids du fruit dans le cas du passage dans une cylindreuse pour fruit 1/1 (d'après Py et GUYOT A., 1970 b).

— enlèvent la première tranche imparfaite de chaque extrémité ;
et dans les modèles « écœureurs » :

— enlèvent le cœur.

Le devenir de ces différents produits est précisé par la figure 76.

Dans d'autres modèles (fabrication « Honiron »), l'écœurage prend place plus loin dans la chaîne de fabrication, comme on le voit sur la figure 80.

Dans ce dernier cas, la réalisation de l'éccœurage a lieu après le tranchage, plus précisément le plus souvent à la mise en boîte ; le rendement en tranches s'en trouve augmenté de 10 à 15 % quand on a affaire à une matière première particulièrement fragile.

Le *cylindre de chair* constitue la pièce maîtresse autour de laquelle les différentes chaînes de fabrication — il y en a autant que de calibres de cylindres — s'articulent (figure 77). Il est à la base de la fabrication des *tranches* alors que les autres produits séparés par la cylindreuse sont traités par d'autres lignes de fabrication communes aux trois calibres pour l'obtention de *compote* et de *jus*.

III. 1.2.3.2. — CHAÎNE « TRANCHES »

— *Parage des cylindres* (photo 181)

Il consiste à enlever manuellement, à l'aide de couteaux spéciaux, les petites imperfections présentes sur le pourtour du cylindre : fragments de peau, ou de la paroi de la cavité florale, altérations diverses de la chair (« taches noires »...). Les parties enlevées rejoignent la chaîne premier jus ou la chaîne deuxième jus suivant leur qualité et le degré de sophistication de l'usine.

Dans le cas de chaîne à « double diamètre » (modèle « Honiron ») (cf. *infra*), cette opération est soit très simplifiée, soit même supprimée.

— *Tranchage*

Le cylindre, une fois débarrassé des particules qui pourraient y adhérer par un jet d'eau, est introduit dans une trancheuse à couteaux rotatifs. L'appareil à lame unique tournant à grande vitesse a tendance à supplanter celui à plusieurs lames qui, provoquant une pression excessive sur le cylindre, a tendance à « écraser » les tranches et donc à diminuer le rendement en tranches entières.

— *Tri - Parage des tranches* (photo 182)

Les tranches entières sont triées suivant différents critères qualitatifs de présentation : coloration, translucidité, netteté des contours, régularité de l'épaisseur, centrage de la partie évidée dans le cas d'éccœurage, correspondant à des produits finis normalisés : « extra », « choix » et « standard » (« fancy », « choice » et « standard » suivant les normes américaines) ; les fragments de tranches, de leur côté, sont à base d'autres fabrications normalisées : 1/2 tranches brisées de dimensions réglementées, secteurs... Les brisures de plus petites dimensions rejoignent la chaîne « compote » ou « 1^{er} jus ».

Dans le cas de la chaîne à « double diamètre », sans parage soigneux du cylindre avant tranchage, toutes les tranches présentant des défauts sur leur pourtour sont enlevées et rassemblées pour

être « retaillées ». Elles passent pour cela dans une cylindreuse de la catégorie inférieure qui enlève un anneau de chair à la tranche, ce qui n'est possible que pour les tranches des deux catégories supérieures. Les tranches sont alors regroupées suivant leur qualité, puis mises en boîte automatiquement, l'enlèvement du cœur ayant lieu au cours de cette opération (figure 80). L'économie de main-d'œuvre sur les tables de triage en adoptant cette technique est évaluée à 25-30 % par rapport à la technique à écouvage au moment du cylindrage.

— Sirupage - Sertissage - Stérilisation

L'enlèvement de l'air interstitiel de la chair dans le but d'homogénéiser son aspect, principalement quand elle est translucide, est réalisé soit en faisant un vide de l'ordre de 635 mm de mercure pendant 5 à 10 minutes, que l'on fait suivre du *sirupage* ; soit en chauffant les tranches baignées de leur sirop pendant 5 à 6 minutes au maximum (« exhausting »). Les boîtes sont ensuite *serties* et *stérilisées* en les portant à 88-90° C, ce qui demande d'amener la température du bain à 100° C pendant 10 à 12 mn. Elles doivent alors être refroidies rapidement à 38° C et enfin séchées. Un refroidissement trop lent altère la flaveur du produit et modifie défavorablement l'aspect des tranches.

La concentration des sirops ajoutés varie suivant les fabrications de 30 à 50° Brix, ce qui donne aux produits finis des Brix de 17 à 24° C. La suite de ces opérations est schématisée par la figure 78.

III. 1.2.3.3. — CHAÎNE COMPOTE (MIETTES) (« CRUSH »)

La matière première est constituée par le premier grattage de la peau et les débris de petite taille de la table de parage des tranches. Les impuretés diverses sont enlevées manuellement à l'aide de pinces spéciales et rejoignent soit la chaîne 1^{er} jus, soit la chaîne 2^e jus, suivant leur qualité. Le produit est ensuite émietté et égoutté (le jus récupéré rejoint la chaîne 1^{er} jus). La compote obtenue est éventuellement sucrée puis pasteurisée par un appareil qui la porte à une température voisine de 90° C et mise en boîtes. Celle-ci sont ensuite serties, refroidies rapidement et séchées.

III. 1.2.3.4. — CHAÎNE 1^{er} JUS

Elle fournit le jus « naturel » consommé plus ou moins directement et sous forme de boisson. La matière première est issue du 2^e grattage de la peau, du cœur et des premières tranches imparfaites quand elles sont isolées, ainsi que des écarts de qualité suffisante des tables de parage. Les principales impuretés sont éliminées puis l'ensemble est broyé et pressé. Le jus issu du broyage et du pressurage

Ecoeurage au
moment du
cylindrage

Ecoeurage
en aval du
cylindrage

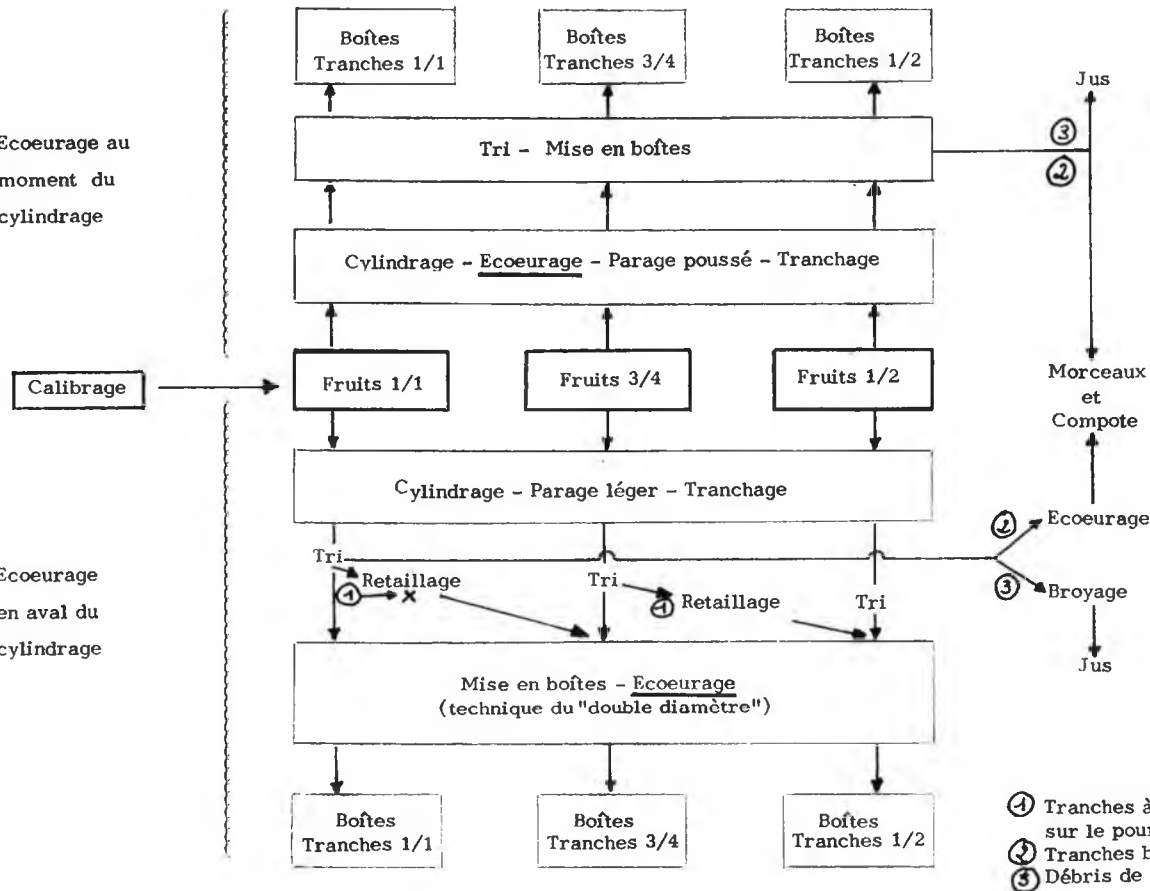


FIG. 80. — Place de l'écoeurage suivant les modèles de cylindreuses.

des petits fruits, ainsi que le jus d'égouttage des tables de triage, rejoignent cette chaîne à ce niveau. Le produit est ensuite tamisé puis amené à 60-63° C dans un échangeur de chaleur continu et à nouveau tamisé ; il est alors en général centrifugé et homogénéisé. Le jus est porté à 88-90° C soit avant soit après la mise en boîte et le sertissage. Dans le premier cas, la flash pasteurisation peut être utilisée ; dans le second le remplissage se fait à 60° C, les boîtes sont ensuite refroidies rapidement.

On tend de plus en plus, actuellement, à fabriquer du jus concentré au 1/5 du volume initial. Les constituants volatils, comprenant une proportion importante d'acétate d'éthyle et d'alcool éthylique, sont récupérés avant chauffage et restitués au concentré en fin de fabrication.

La cryo-concentration, plus satisfaisante pour la sauvegarde de la flaveur, n'est cependant pas sortie, dans le cas de l'ananas, du domaine de l'expérimentation vu son coût élevé.

La poudre de jus d'ananas obtenue par évaporation sous vide est une autre fabrication possible mais peu vulgarisée.

III. 1.2.3.5. — CHAÎNE 2^e JUS

Le 2^e jus est issu du pressurage des déchets : peau, extrémités (calottes), résidus de presse et déchets divers de seconde qualité (photos 183, 184, 185). Dans les conserveries techniquement les plus avancées, on en fait un sirop qui est utilisé pour baigner les tranches d'ananas. La masse végétale est broyée, portée habituellement à une température de 63° C, puis pressurée et tamisée. Selon la performance des presses, on peut extraire en poids 75 à 85 % de jus contenant, à Hawaï, une moyenne de 11 % de matières solubles ; celles-ci comprennent 75 à 80 % de sucres, 7 à 9 % d'acide citrique, 2 % d'acide malique et 2,5 à 4 % de protéines (COLLINS, 1960). Une analyse réalisée à partir d'un prélèvement effectué en Martinique donne avec un indice réfractométrique de 10 : 67,45 g/l de sucres réducteurs, 10,07 g/l de saccharose et 77,52 g/l de sucres totaux (DUPAIGNE, 1966).

Les acides sont précipités par l'adjonction d'un sel de chaux, les pectines par chauffage et la clarification est réalisée par un passage sur charbon. Toutes ces opérations peuvent être remplacées par une filtration suivie d'un passage sur colonnes échangeuses d'ions.

Le jus est ensuite concentré sous vide. Le rendement moyen pour obtenir un sirop titrant 60° Brix est d'environ 15 %. Ce sirop est plus ou moins dilué pour l'amener à la concentration désirée pour les conserves.

Ce deuxième jus, comme les tourteaux, peut servir également à de nombreuses autres fabrications qui seront abordées dans la partie consacrée aux co-produits de la fabrication des conserves.

Certaines conserveries pratiquent sur les résidus de presse une extraction complémentaire de jus (3^e jus) par diffusion à l'eau chaude, en partant de tourteaux à 12° 5 Brix. Certains appareils particulièrement performants traitant 2,8 t/h permettent d'obtenir un minimum de 250 l de jus à 5° 5 Brix par tonne de fruits entrant à l'usine.

III. 1.2.3.6. — RENDEMENTS EN CONSERVERIE

Il y a autant de rendements que de conserveries...

Il existe de nombreuses façons d'exprimer les rendements « usine ». La plus couramment admise consiste à exprimer la production de caisses de 24 boîtes 1/1 (2 1/2) de « produits solides » (« solid pack ») par tonne de fruits entrant à l'usine. Sous le terme de « solid pack », on comprend les conserves de tranches, celles de morceaux de tranches normalisées (demi-tranches, tranches brisées, secteurs, cubes...) et celles de compote. Pour passer de la caisse de 24 boîtes 3/4 (2) à la caisse de 24 boîtes 1/1 (2 1/2), il y a lieu d'utiliser un coefficient réducteur de 0,686. La majorité des conserveries modernes ont des rendements compris entre 20 et 24 caisses/tonne de fruits entrant en conserves.

En Afrique Occidentale, l'unité de base la plus couramment pratiquée est le nombre de caisses de 24 boîtes 3/4 (2) de « produits solides » « solid pack », unité qui tend à se généraliser depuis 1979, ou encore celui de caisses de 24 boîtes 3/4 de tranches entières et de morceaux de tranches. Dans le premier cas, les chiffres obtenus sont plus élevés et dans le second plus bas qu'en utilisant l'unité précédente.

A l'intérieur de ce rendement global, on peut concevoir une vaste gamme de rendements « internes » exprimant en pourcentage les principales fabrications dont on ne retient habituellement que les poids nets (chair d'ananas plus sirop dans le cas des tranches).

Les « fourchettes » suivantes données pour chaque type de fabrication sont assez représentatives des conserveries modernes dans le cas du cultivar 'Cayenne Lisse' :

— tranches entières	25 à 35 %
— morceaux de tranches	10 à 16 %
— compote	4 à 8 %
— jus	12 à 20 %
— « déchets »	30 à 40 %

A noter qu'elles ne font pas mention du 2^e jus extrait des déchets pour la fabrication du sirop utilisé pour baigner les tranches.

Les différences entre usines peuvent venir de la qualité de la matière première : les conditions de récolte, d'acheminement et de stockage ont une incidence importante ; il est connu qu'il existe une

corrélation étroite entre les rendements en tranches en particulier et le laps de temps qui s'écoule entre la cueillette des fruits et leur traitement en conserverie. C'est la raison pour laquelle on recommande de tout mettre en œuvre pour que ce laps de temps soit inférieur à 12 h.

Certaines caractéristiques spécifiques des fruits ont, par ailleurs, une incidence notable sur les rendements en tranches telles que : la forme du fruit, son poids, la texture de sa chair... Mais les différences peuvent également être imputables à la qualité de l'équipement. Dans les petites unités de fabrication où une partie des opérations sont manuelles, les rendements en tranches sont supérieurs à ceux obtenus dans des conserveries plus mécanisées. Ces dernières n'obtiennent des rendements comparables qu'en faisant appel à du matériel très sophistiqué qui s'adapte mieux au fruit que le font des machines de conception plus simple. Mais des facteurs économiques peuvent également intervenir : la demande peut se porter davantage sur un type de produit que sur un autre, pouvant conduire à des transferts de matière première d'une chaîne sur l'autre. On peut rechercher en particulier davantage de production de jus aux dépens de la production de compote, voire même de morceaux de tranches.

Les figures 81 et 82 empruntées à ESTANOVE (1982) sont des exemples d'utilisation de fruits, exprimés en % de fruits frais entrant en conserverie. Dans le premier où le pourcentage de gros fruits était particulièrement élevé, la quantité de compote produite est très importante. Dans le second, on a évité, au contraire, de produire de la compote au profit de jus concentré.

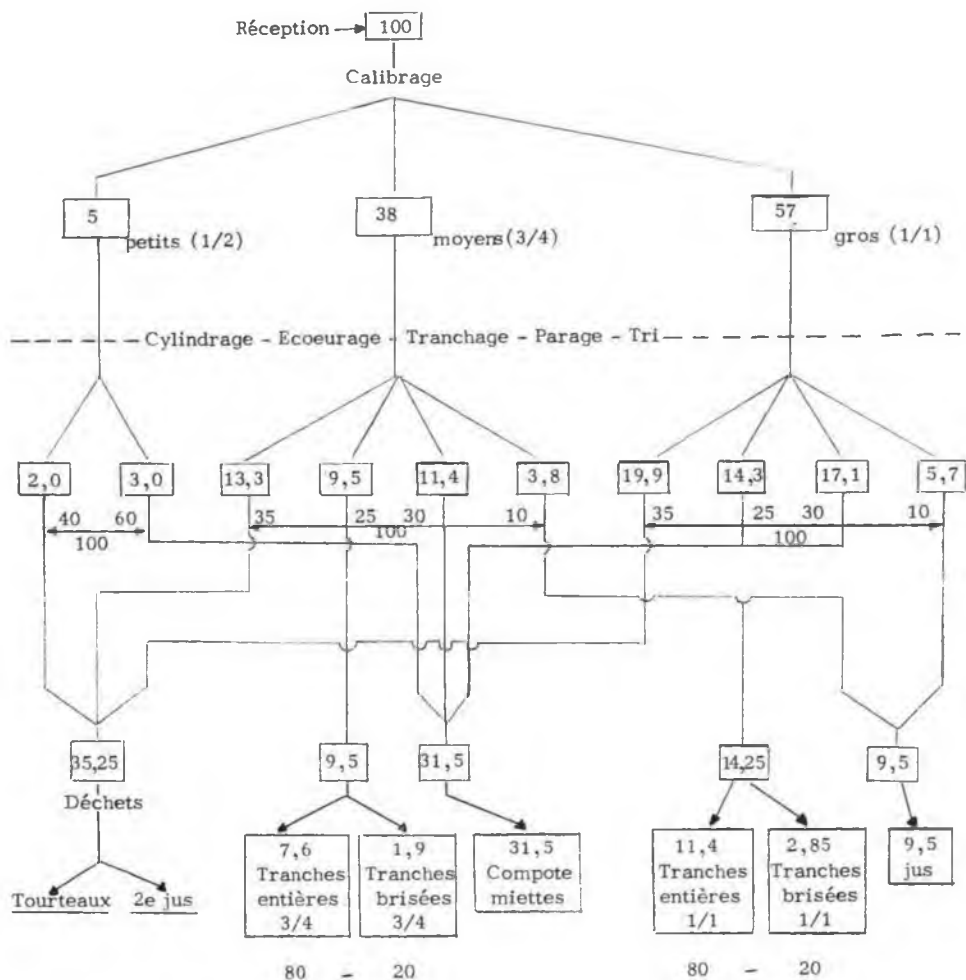
L'équipement et l'organisation des conserveries n'entrant pas dans le cadre du présent ouvrage, on renvoie le lecteur à l'étude d'ESTANOVE (1982) pour ces questions.

III.1.3. — CO-PRODUITS DE LA FABRICATION DE CONSERVE

(d'après l'étude de ESTANOVE (1982) et données bibliographiques)

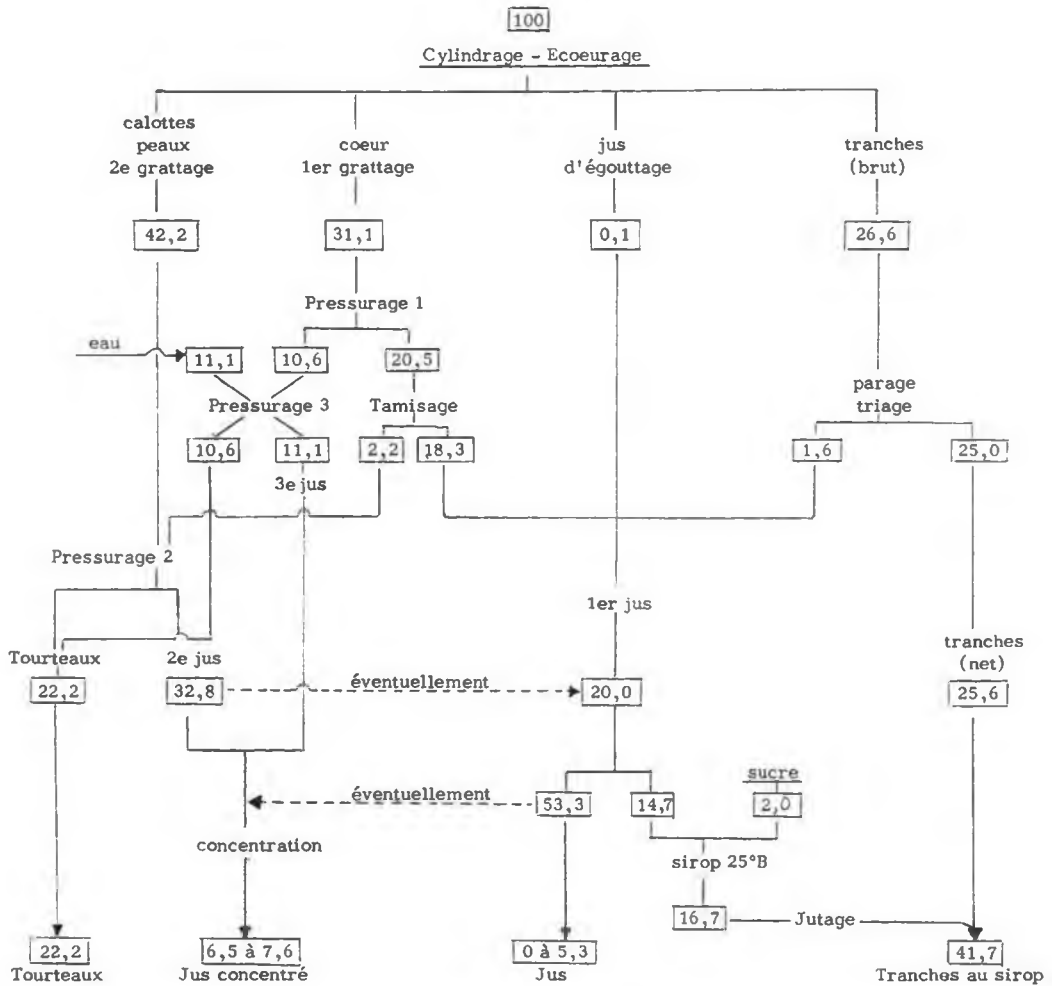
III.1.3.1. — 2^e jus (jus de presse)

Outre une utilisation « interne » aux conserveries (cf. *supra*), ce jus extrait des tourteaux et titrant en moyenne 6 à 9° Brix peut être utilisé pour l'obtention de *sucre*, de *vins* (le tableau 65 en donne un exemple de composition), d'*éthanol* (éventuellement médicinal) (KOHLS, 1981), de *vinaigre*... et parallèlement de *citrates* et d'une enzyme protéolytique la *broméline*. La figure 83 précise les quantités que l'on peut espérer obtenir par tonne de fruits entrant en conserverie.

Produits obtenus

Fruits frais	100,00
Déchets	35,25
Tranches	23,75
Compote (miettes)	31,50
Jus	9,50

Fig. 81. — Exemple théorique n° 1 d'utilisation des fruits en conserverie en % de fruits frais (d'après ESTANOVE (1982)).



La *broméline* a fait l'objet de très nombreux travaux dans les principaux pays producteurs comme dans les pays utilisateurs. La synthèse exhaustive de DUPAIGNE (1975) précise les utilisations possibles dans l'industrie pharmaceutique pour faciliter la digestion et pour diminuer l'inflammation de tissus et dans l'industrie alimentaire du bétail. Elle peut être extraite par différentes techniques : précipitation à l'acétone ou au sulfate d'ammonium suivie de dialyse et

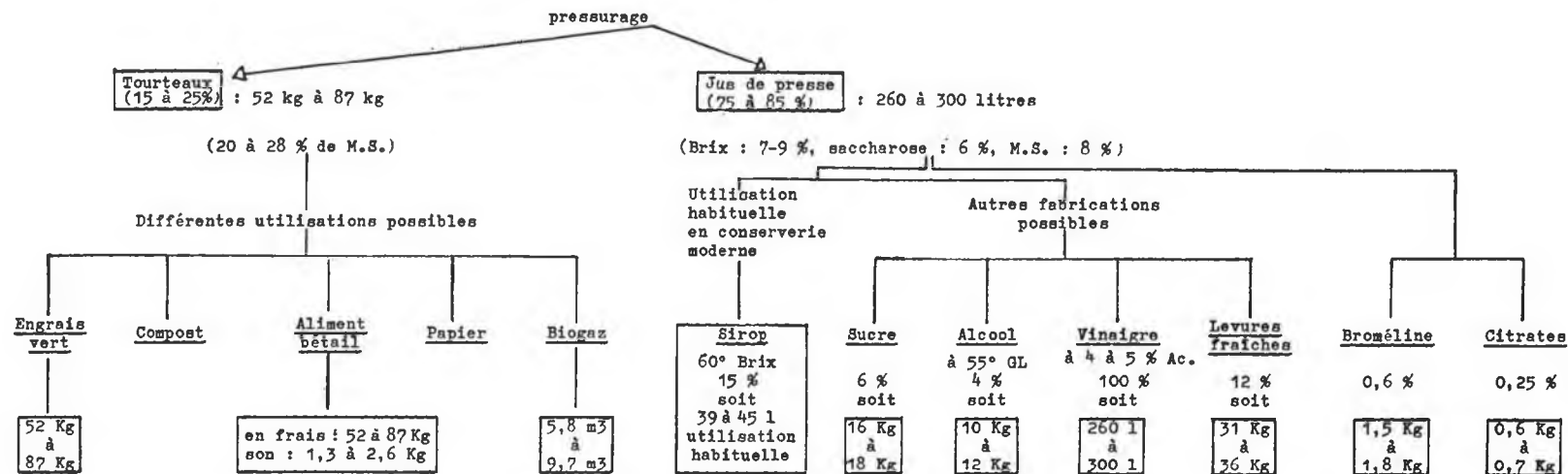


FIG. 83. — Valorisation possible des déchets de conserverie d'ananas - par tonne de fruits entrant à la conserverie - Déchets (35 %) 350 kg.

TABLEAU 65

Exemple de composition d'un vin d'ananas

Éthanol	11,55 % en volume
Propanol	2,75 mg/100 ml
Isobutanol	5,05 mg/100 ml
Alcool d'iso-amyl	25,21 mg/100 ml
Total des alcools supérieurs	33,01 mg/100 ml
Acétaldéhyde	0,93 mg/100 ml
Acétate d'éthyle	15,08 mg/100 ml
Acidité volatile	5,0 mg/100 ml
Acidité fixe	35,0 mg/100 ml
Acidité totale	40,0 mg/100 ml

d'ultrafiltration (HUET, 1958 ; MARCILLAT, 1974 ; TISSEAU R., 1977, 1978, 1979 et 1980).

III. 1.3.2. —Tourteaux (photos 183, 184, 185, 186)

Pressurés avec du matériel performant permettant d'extraire 75 à 85 % du jus, ils représentent 5,2 à 8,7 % des tonnages d'ananas frais entrant en conserverie. Leur composition est éminemment variable suivant l'origine de la matière première et le taux d'extraction de jus. Ils peuvent être utilisés soit « bruts » en tant qu'*engrais vert* avec un retour immédiat au champ, soit après une période de fermentation pour en faire du *compost* (une analyse réalisée en Martinique donnait N 1,27 %, K 0,9 %, Ca 0,18 % et Mg traces). Malgré leur faible richesse, ils peuvent contribuer à l'amélioration de la fertilité des sols ; la rentabilité de leur emploi dépend essentiellement des coûts de transport.

Les tourteaux peuvent également être utilisés dans l'*alimentation du bétail* soit frais, mais cela pose de nombreuses difficultés en raison de l'évolution très rapide du produit (fermentation), soit après conservation par ensilage (photo 186), soit déshydratés (son d'ananas). Très appréciés par les animaux, les tourteaux frais ou conservés ont une valeur énergétique (0,81 unité fourragère, 65 à 70 « total digestible nutriment ») très supérieure à celle des graminées (poacées) tropicales et peuvent se substituer très avantageusement à ces fourrages (MULLER, 1978) dans les rations pour ruminants. Néanmoins, malgré une complémentation azotée appropriée (les tourteaux d'ananas ont une teneur en azote très faible), les performances zootechniques obtenues à partir des déchets bruts ou après passage à la

presse à vis, restent souvent médiocres (COMPAAN et BISHOP, 1968 ; SHULTZ et SETT, 1977 ; GEOFFROY, 1977), la faible teneur en matière sèche (10 à 15 %) de ces produits limitant les quantités ingérées.

La déshydratation du produit (la quantité obtenue correspond à 2,5 à 3,0 % du poids de fruits entrant en conserverie), telle qu'elle est pratiquée par certaines compagnies hawaïennes, est certainement la meilleure solution, mais elle est sans doute, dans la conjoncture économique créée par le renchérissement de l'énergie, un mode de conservation très coûteux (OTAGAKI, LOFGREEN, COBB et DULL, 1961). Tous les auteurs s'accordent à reconnaître que l'ensilage bien conduit permet d'obtenir un produit très bien accepté par les bovins. Cependant, pour augmenter les teneurs en matière sèche et donc limiter les pertes en cours de conservation, accroître les quantités ingérées par les animaux et corriger les carences des tourteaux, l'addition avant ensilage de produits à haute teneur en matière sèche et/ou riche en azote comme la paille de riz, la farine de maïs, l'urée (O'DONAVAN *et al.*, 1972) ou le son de blé (GEOFFROY et SAMINADIN, 1978) est recommandée et permet d'obtenir des produits ayant, au « désilage » une teneur en matière sèche comprise entre 25 et 35 %.

Avec l'usage de presses hydrauliques performantes, la teneur en matière sèche des tourteaux obtenus après extraction du deuxième jus est toujours supérieure ou au moins égale à 25 % (tableau 66). Les tourteaux ensilés directement à 27 % de matière sèche se conservent très bien et sont très bien acceptés par les animaux. Complémentés en azote par le tourteau de soja, ils constituent une ration d'engrais-

TABLEAU 66

**Composition moyenne des tourteaux de presse
en fonction du matériel utilisé**

Traitements	Presse à vis		Presse hydraulique (3)
	simple passage (1)	double passage (2)	
Teneur en M.S. (%)	13,5	20,2	32,1
Composition en % M.S.			
Cendres	2,7	4,8	2,0
MAT (N x 6,25)	3,2	4,3	4,4
Cellulose brute	8,2	-	21,18
ADF	-	19,1	-
lignine	-	3,4	6,5
glucides solubles	-	17,5	4,4

(1) SHULTZ et SETT, 1977.

(2) GEOFFROY et SAMINADIN, 1978.

(3) IRFA, 1980.



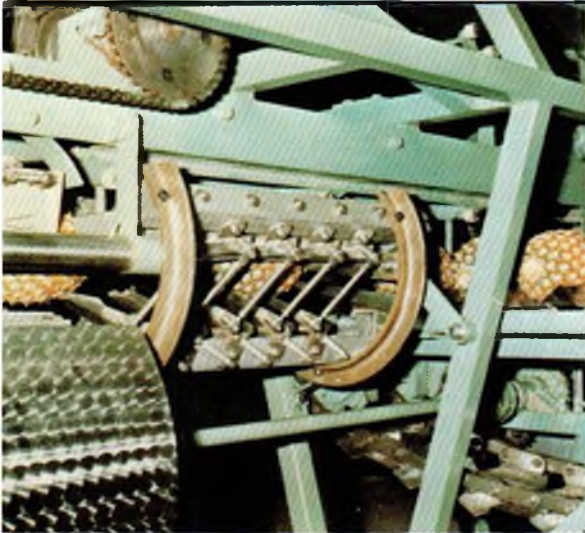
PHOTOS 173 et 174. — Détails de la rampe convoyeur d'une « machine à récolter ».



PHOTO 175. — Acheminement des fruits vers les cylindriques-écorceuses dans une conserverie moderne. (Cliché Teisson).



PHOTO 176. — Parcelle en 2^e récolte. (Cliché Sarah).



La « cylindreuse-écœureuse »
est la pièce maitresse de la plupart
des conserveries modernes d'ananas.

Les PHOTOS 177, 178, 179 et 180 montrent les différentes
opérations réalisées : enlèvement de la peau et du cœur,
section des extrémités, grattage des peaux, ...

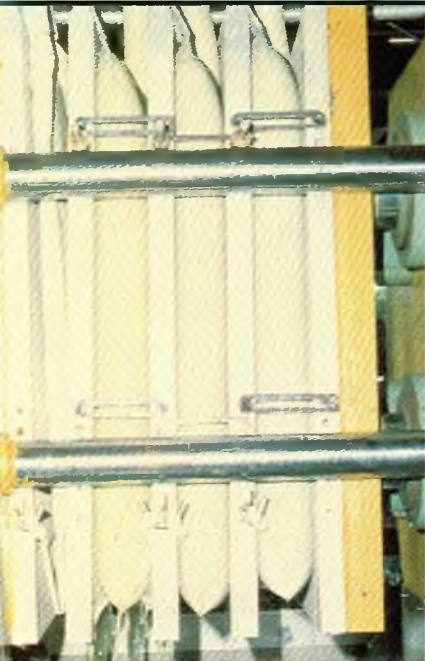




PHOTO 181. — Parage des cylindres de chair.
(Cliché Artphot).



PHOTO 182. — Tri et mise en boîtes des tranches.
(Cliché Ingenierie - Inter G - B. P. 26 - 91190 Gif-sur-Yvette, France).



PHOTOS 183 et 184. — Presse à haute performance pour l'extraction du 2^e jus (taux d'extraction 85 %). L'ensemble de l'installation et le remplissage du 3^e compartiment.
(Cliché Nordon).



PHOTO 185. — Les tourteaux à la sortie de la presse (26 % de M. S.). (Cliché Nordon).



PHOTO 186. — Consommation d'ensilages de tourteaux de presse par des bovins en Afrique du Sud.
(Cliché : Citrus and Subtropical Fruit Research Institute - Afrique du Sud).



ment de très haute qualité permettant des performances équivalentes à celles obtenues avec un aliment concentré (GEOFFROY, 1982).

Le biogaz obtenu après fermentation représente une autre utilisation possible (N'GUESSAN, 1981). Une tonne de tourteaux (cf. *infra*) peut fournir 112 m³ de biogaz (65 % de CH₄ + 35 % de CO₂), le résidu pouvant servir de compost ou être utilisé éventuellement dans la fabrication de papier.

III.1.4. — PRÉPARATION DE PRODUITS CONGELÉS ET/OU DÉSHYDRATÉS

Ces produits sont fabriqués le plus souvent dans de petites unités industrielles ou des ateliers spécialisés dans ce type de fabrication qui traitent toute une gamme de fruits et de légumes.

III.1.4.1 — Produits faisant appel au froid

Les plus connus sont les *sorbets* très largement vulgarisés dans les pays producteurs comme dans les pays importateurs.

Un conditionnement original consiste à reconstituer une tranche d'ananas à partir d'un jus pulpeux sucré (100 g de sucre/l); chaque tranche vendue à l'unité est emballée dans un sachet individuel (DUPAIGNE, 1967). « L'ananas givré » est une autre présentation possible connaissant une vogue récente qui demande des fruits de petite taille surmontés de leur couronne habituellement réduite. Les fruits sont coupés transversalement à environ 1/5 de la hauteur et la partie basale est évidée. Les deux parties sont congelées à basse température et la partie évidée est remplie de sorbet ou de crème glacée; puis l'ananas est reconstitué en remettant la « calotte » en place. Au moment de servir, l'humidité de l'atmosphère permet la formation d'une pellicule de givre d'un bel effet. L'ananas évidé peut également servir de récipient à une salade de fruits rafraîchis.

Les *morceaux de tranches* arrosés d'un sirop lourd sont parfois présentés dans des barquettes de carton imperméabilisées recouvertes d'un film rétractable, puis surgelés par « deep-freezing ».

III.1.4.2. — Produits déshydratés

Le plus connu est la *tranche d'ananas séchée*.

Le cylindre de chair est coupé en tranches fines déshydratées à la chaleur. Un auteur d'Afrique du Sud (Anonyme, 1948) recommande, pour leur conservation, leur exposition pendant 2 heures à 71° C puis pendant 4 heures à 54° 5 C avant de les plonger dans une solution de

bisulfite de sodium à 1 % de SO_2 ; d'autres auteurs recommandent un traitement préalable au SO_2 gazeux. On obtiendrait, en moyenne, 6 kg de produit fini par 100 kg de fruits frais. Depuis le renchérissement du coût de l'énergie, des séchoirs solaires sont à l'étude.

Par *lyophilisation*, on peut obtenir toute une gamme de produits de haute qualité sous forme de tranches (très fines), de morceaux, voire de poudre de jus. Le coût de fabrication très élevé limite cependant les possibilités de commercialisation.

III.1.5. — AUTRES TYPES DE FABRICATION

— Confiture

Bien avant l'essor de l'industrie de la conserve d'ananas, on a fabriqué dans tous les pays producteurs des confitures d'ananas. Manquant souvent d'acidité, on a cherché à la relever, pour se conformer au goût des pays importateurs, en ajoutant des jus de fruits particulièrement acides : jus de grenadille, de citron... Dans ce dernier cas, certaines fabrications peuvent rappeler les « marmelades » à base d'orange amère.

— Boissons alcoolisées

Elles ont été préparées par l'homme dès qu'il a su tirer profit de ce fruit. La gamme des produits fabriqués a rapidement été très large : vin, alcool de bouche, liqueurs... Le tableau 65 donne un exemple de constitution d'après ALIAN et MERSEUF (1977).

— Ananas frits

Ils sont utilisés pour accompagner les apéritifs ou pour garnir des hors-d'œuvres et conservés congelés.

III. 2. — UTILISATION DES PARTIES VÉGÉTATIVES DE LA PLANTE (AUTRES QUE LE FRUIT)

Dans la grande majorité des cas, cette masse végétale composée de feuilles, tiges et différents types de rejets retourne au sol et contribue ainsi à maintenir sa fertilité (LACOEUILHE, 1974 a) (cf. II. 7). On peut également l'utiliser à d'autres fins.

III. 2.1. — ALIMENTATION DU BÉTAIL

L'ensemble des parties végétatives de la plante, après la 2^e récolte, représente aux Iles Hawaii 226 tonnes/ha (KELLEMS *et al.*, 1979). Néanmoins dans la plupart des cas, seule la partie supérieure de la plante (30 à 40 %) est prélevée pour l'alimentation du bétail, la partie restante étant le plus souvent restituée au sol. Les quantités disponibles peuvent être plus importantes dans le cas de la récupération de la broméline présente essentiellement dans les tiges, la séparation mécanique des feuilles et des tiges (MONROE et SMITH, 1979) s'opérant alors avec les équipements les plus perfectionnés sur la totalité de la partie aérienne de la plante.

La composition de cette masse végétale fraîche ou ensilée est variable et dépend essentiellement de la nature des prélèvements effectués (tableau 67). Le produit, d'une valeur énergétique moyenne de 1,27 mega cal./kg (MULLER, 1978) soit 0,73 unité fourragère-lait d'une teneur moyenne en azote de 7,4 %, est à classer parmi les bons fourrages tropicaux.

C'est ainsi qu'à Hawaï une culture d'ananas pour la seule production de fourrage a été envisagée. En suivant les techniques culturales actuelles, il serait possible de récolter 700,5 t/ha de produit frais sur 4 ans et demi après neuf récoltes, ce qui correspondrait à une moyenne de 155,7 t/ha/an de produit brut, soit 2,5 t/an d'un produit à 90 % de matière sèche (PHILIPP, SANFORD et STANLEY, 1973).

Les parties végétatives de l'ananas peuvent être utilisées soit en frais comme c'est le cas dans de nombreux pays, en laissant paître

TABLEAU 67

Composition moyenne des résidus de culture, frais ou ensilés

Auteurs Composition	OTAGAKI et MORITA 1959 Hawaï		SATAPATHY et al. 1967 Indes	CHEN-MAO CHIANG 1972 Taiwan		MULLER 1978 Malaisie	KELLEMS et al. 1979 Hawaï	HENKE 1945 Hawaï	Moyennes
FRAIS									
M.S.	20,6		22,0	16,6		23,6	14,5	16,0	18,9 ± 3,7
Composition en % M.S.									
Cendres	4,90		6,8	6,0		4,2	5,5	9,0	6,0 ± 1,7
MAT (N x 6,25)	9,0		8,0	5,3		6,3	6,4	10,1	7,5 ± 1,8
Cellulose brute	23,6		26,0	23,2		23,6	-	22,8	23,8 ± 1,2
E.N.A.	60,9		56,5	59,3		63,8	-	-	60,1 ± 3,0
Extrait éther	1,55		2,7	6,2		2,1	2,6	3,3	3,1 ± 1,6
Auteurs Composition	MORISSON 1959	STANLEY et MORITA 1966 Hawaï	SATAPATHY et al. 1967 Indes	CHEN-MAO CHIANG 1972 Taiwan	BISHOP et NELL 1974 Afrique du Sud	Anonyme		HENKE 1945 Hawaï	Moyennes
ENSILÉS									
M.S.	21,3	18-21	17,5	19,0	22,8	19,3		21,3	20,1 ± 1,8
Composition en % M.S.									
Cendres	7,0	-	6,6	7,3	10,1	9,6		6,8	7,9 ± 1,5
MAT (N x 6,25)	7,5	6,9-8,3	9,0	5,7	5,7	4,9		7,6	6,9 ± 1,4
Cellulose brute	22,5	-	26,8	28,1	21,5	24,9		22,7	24,4 ± 2,6
E.N.A.	60,0	-	56,2	50,2	61,0	57,9		-	57,0 ± 4,3
Extrait éther	2,8	-	1,5	8,7	1,75	2,7		2,58	3,3 ± 2,7

← résidus de culture (feuilles...) → couronne d'ananas

directement les bovins dans les vieilles plantations avant de préparer un nouveau cycle de culture, ce qui a l'inconvénient de tasser le sol, soit déshydraté (OTAGAKI *et al.*, 1961), soit après conservation par ensilage (OTAGAKI et MORITA, 1959 ; STANLEY et MORITA, 1966 ; CHEN-MAO-CHIANG et CHEN CHUNG PO, 1972 ; BISHOP et NELL, 1974 ; MULLER, 1978 ; KELLEMS *et al.*, 1979).

Ainsi, l'ensilage distribué comme seul fourrage, durant deux lactations (BISHOP, 1974) ou en substitution du son d'ananas (STANLEY et MORITA, 1966) à des vaches laitières, a permis d'assurer une production laitière sensiblement équivalente à celle obtenue avec des régimes plus classiques. Complémenté avec du tourteau de soja, l'ensilage permet une croissance moyenne journalière de 0,775 kg chez des taurillons Hereford (KELLEMS *et al.*, 1979).

III.2.2. — FIBRES - PAPIER

Les feuilles d'ananas contiennent des fibres fines, brillantes, modérément longues, qui ont une très grande résistance à la déformation.

Aux Philippines et à Taïwan, il existe de petites cultures orientées vers cette production avec un type local d'ananas (Native Philippines Red) cultivé sous ombrage pour favoriser l'élongation des feuilles. Les techniques d'extraction et de préparation sont détaillées dans le document « The Philippines recommends for pineapple 1977 ». Le rendement est d'environ 1 à 1,5 % en poids, soit 500 kg par ha d'ananas plantés à la densité de 50 000 plants/ha.

Les fibres de qualité supérieure sont utilisées pour la confection de vêtements de luxe (chemises, chemisiers, robes...) ; les plus grossières pour des cordages.

Au Brésil, on extrait d'espèces sauvages (*Ananas erectifolius* principalement), mais également d'autres espèces (*A. bracteatus*, *A. ananassoïdes*), des fibres utilisées pour la fabrication de cordages et de filets de pêche (GIACOMELLI et PY, 1981). Les fibres du cultivar 'Cayenne Lisse' sont moins résistantes que celles des espèces précédentes.

Les fibres d'ananas peuvent également servir à la préparation de pâte à papier en les mélangeant avec de la bagasse dans la proportion de une partie de feuilles d'ananas pour neuf de bagasses (HENG TAN TEK, 1963).

III.2.3. — LA BROMÉLINE

La tige constitue la principale source de broméline. On peut extraire des tiges fraîches décortiquées de 1 à 1,3 % de broméline

brute du type commercial (TISSEAU R., 1980 ; DE LIMA et ROMANELLI, 1977). Le brevet 3.002.89 de l'US Patent Office fait état, de son côté, d'un rendement de 0,5 à 1 % de produit à 4 600 unités en partant de jus de tiges (une unité correspond à la quantité d'enzyme caillant en une minute une solution à 5 % de lait écrémé ajusté au pH de 5,3 à 37° 5 C).

III. 3. — UTILISATION DE LA PLANTE ENTIÈRE EN TANT QUE SOURCE D'ÉNERGIE

Reprenant les travaux de CARVALHO *et al.* (1980) et de N'GUESSAN (1981), ESTANOVE (1982) a calculé les quantités d'éthanol et de biogaz que l'on peut espérer obtenir d'une culture intensive d'ananas 'Cayenne Lisse' conduite suivant les techniques pratiquées en Martinique et en Côte-d'Ivoire correspondant à un poids total/ha de 266 t (55 000 plants/ha pesant en moyenne 4 845 g ; dans ce dernier total, une faible partie du système racinaire a été prise en compte).

En considérant que le fruit donne 70 % de jus titrant 15° Brix et 30 % de tourteaux contenant 25 % de matière sèche, et que la teneur en matière sèche de la partie végétative (tige + feuilles) s'élève à 23,2 %, l'auteur arrive au tableau 68 qui donne en % du poids initial les quantités théoriques de produits intermédiaires et finals ; ce qui donne par hectare :

— éthanol	11 567,4 l
— biogaz	9 266,7 m ³

soit par mois d'occupation du terrain, en se basant sur un cycle total de 24 mois :

— éthanol	481,99 l
— biogaz	386,11 m ³

La quantité d'éthanol produite par mois est sensiblement inférieure à ce qu'elle est avec la canne à sucre (710 l/mois) et avec le manioc (510 l/mois). Mais si on considère la production d'éthanol par mm d'eau recueilli (on compte qu'il faut 180 mm d'eau par mois pour la canne à sucre, 125 pour le manioc et 83 pour l'ananas) (MARZOLA et BARTHOLOMEW, 1979), on a respectivement les chiffres de 3,9 ; 4,1 et 5,8, ce qui met en valeur l'intérêt que peut présenter l'ananas à ce point de vue ; mais il est nécessaire de préciser que l'ananas est plus exigeant que les deux autres plantes en soins culturaux et en quantité totale d'énergie nécessaire (SANFORD, 1981).

TABLEAU 68

L'ananas, source d'énergie
Produits intermédiaires et finals en % du poids initial
d'après ESTANOVE (1982)

			% M.S.	sucre	dont en % :		Equivalences en sucre en %	Ethanol en %	Biogaz en litres
					amidon	non sucre			
Ensemble de la plante	fruit 38 %	jus 26,6 %	3,99	3,99 %	-----	-----	----- →	1,931 %	
		tourteaux 11,4 %	2,85	0,135 %	-----	-----			
					0,661 %	-----	} 0,862 % →	0,417 %	
						2,055 %	-----		→ 1 282,2
	partie végé- tative 62 %		14,16	0,656 %	-----	-----	} 2,413 % →	1,167 %	
					1,597 %	-----			→ 2 281,6
						12,001 %	-----		

On considère que :

- 1 kg d'amidon donne 1,1 kg de sucre ;
- 1 kg de sucre donne 0,484 kg d'éthanol ;
- 1 kg de matière sèche de tourteaux d'ananas donne 450 litres de biogaz
(65 % de CH₄ + 35 % de CO₂) ;
- 1 kg de matière sèche de la partie végétative plus ou moins lignifiée donne
160 litres de biogaz.

Les possibilités d'utilisations de l'ananas — fruit et plante — sont, comme on le voit, très importantes. Quelques conserveries sont allées très loin dans l'utilisation du fruit, mais la majorité d'entre elles se contentent encore actuellement de n'utiliser que la chair du fruit pour la fabrication des produits les plus courants (tranches, morceaux de tranches, compote et jus); quelques-unes même n'utilisent que le cylindre de chair et renoncent à la fabrication du jus.

Dans la majorité des cas, les déchets représentent encore près de 35 % ou plus du poids des fruits entrant à l'usine. A partir des années 1960 cependant, les techniques pour l'extraction du jus de presse de tourteaux ont eu tendance à se répandre et à se perfectionner en faisant appel à des presses de plus en plus performantes et en utilisant des techniques de récupération complémentaire du sucre par diffusion.

L'utilisation des résidus de presse pour l'alimentation du bétail, qui remonte au début de l'industrie de la conserverie, a relativement peu progressé. Beaucoup reste à faire dans ce domaine comme dans celui des autres utilisations possibles à partir des résidus comme à partir de la partie consommable du fruit.

Quant à la plante elle-même, seule Hawaï a entrepris l'extraction de la broméline sur une échelle industrielle et dans bien des pays l'utilisation de la plante en tant que fourrage se borne à transformer les vieux champs d'ananas en pâturage.

L'utilisation de l'ananas en tant que plante-carburant en particulier n'est encore qu'à l'état de projet.

On espère que la présente synthèse sur les utilisations possibles de la plante contribuera, dans un proche avenir, à une meilleure valorisation de tous ses produits.

QUATRIÈME PARTIE

ASPECTS ÉCONOMIQUES



Les réalités économiques en matière d'ananas sont difficiles à cerner : beaucoup de données sont manquantes, insuffisamment précises ou erronées. On est souvent contraint de faire des estimations avec tous les risques que cela comporte. Par ailleurs, les « situations » sont essentiellement « mouvantes », aussi dans ce qui suit a-t-on davantage cherché à analyser les évolutions qui se sont produites au cours des dix à cinquante dernières années qu'à étudier les « situations » telles qu'elles se présentent à la fin des années 1970, basées sur des valeurs absolues qui, évidemment, « vieillissent » très rapidement. Les données de base ont été obtenues auprès des services spécialisés de la FAO mais d'autres émanent de diverses sources via le plus souvent le Service Agro-économique de l'IRFA (SUBRA et NAVILLE, 1982).

IV. 1. — LES GRANDES ÉTAPES DANS L'ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION

L'ananas a contribué à diversifier l'alimentation dès sa « découverte » et sa domestication par l'homme, donc en premier lieu dans les zones d'origine de l'espèce (Amérique du Sud, cf. I. 1). Mais avec le développement des échanges, sa culture et son utilisation par l'homme s'étendirent rapidement. De nos jours, la culture de l'ananas s'étend à toutes les zones intertropicales chaudes et humides du globe, donc essentiellement à proximité de la ligne équatoriale, chaque fois que l'altitude reste faible, et le long des plaines côtières des océans plus régulièrement chaudes et humides que l'intérieur des continents (Fig. 84). Mais la culture en est venue parfois à s'éloigner assez sensiblement des zones les plus favorables sur le plan écologique pour s'implanter à proximité d'importants débouchés. C'est le cas, en particulier, des Açores, très liées à l'Europe Occidentale ; de la Floride et des Bahamas proches de grands centres urbains des USA pour l'hémisphère nord ; de certaines zones d'Afrique du Sud, d'Australie et d'Amérique du Sud dans l'hémisphère sud, situées à proximité d'importants centres industriels.

Très tôt, les producteurs tentèrent de profiter des liens maritimes s'établissant entre pays tropicaux et pays les plus avancés dans leur développement économique, donc potentiellement gros consommateurs, pour acheminer vers ceux-ci des *fruits frais*. Du fait de la nature du produit éminemment périssable, les échecs furent nombreux. A la suite de quoi, des tentatives d'acclimatation sous serre se développèrent, essentiellement en Europe Occidentale : Grande-Bretagne, France, Espagne (en France, Louis XIV aurait eu le privilège de goûter le premier fruit obtenu dans les serres royales de Versailles).

Ce n'est que beaucoup plus tard — à partir du milieu du siècle dernier, à la faveur du développement des échanges maritimes entre l'Amérique du Nord d'une part, Cuba, Puerto Rico et les Bahamas d'autre part — que se développèrent des cultures d'exportation dans ces îles et archipels. Mais parallèlement, les Bahamas entreprirent à peu près à la même époque des exportations vers la Grande-Bretagne

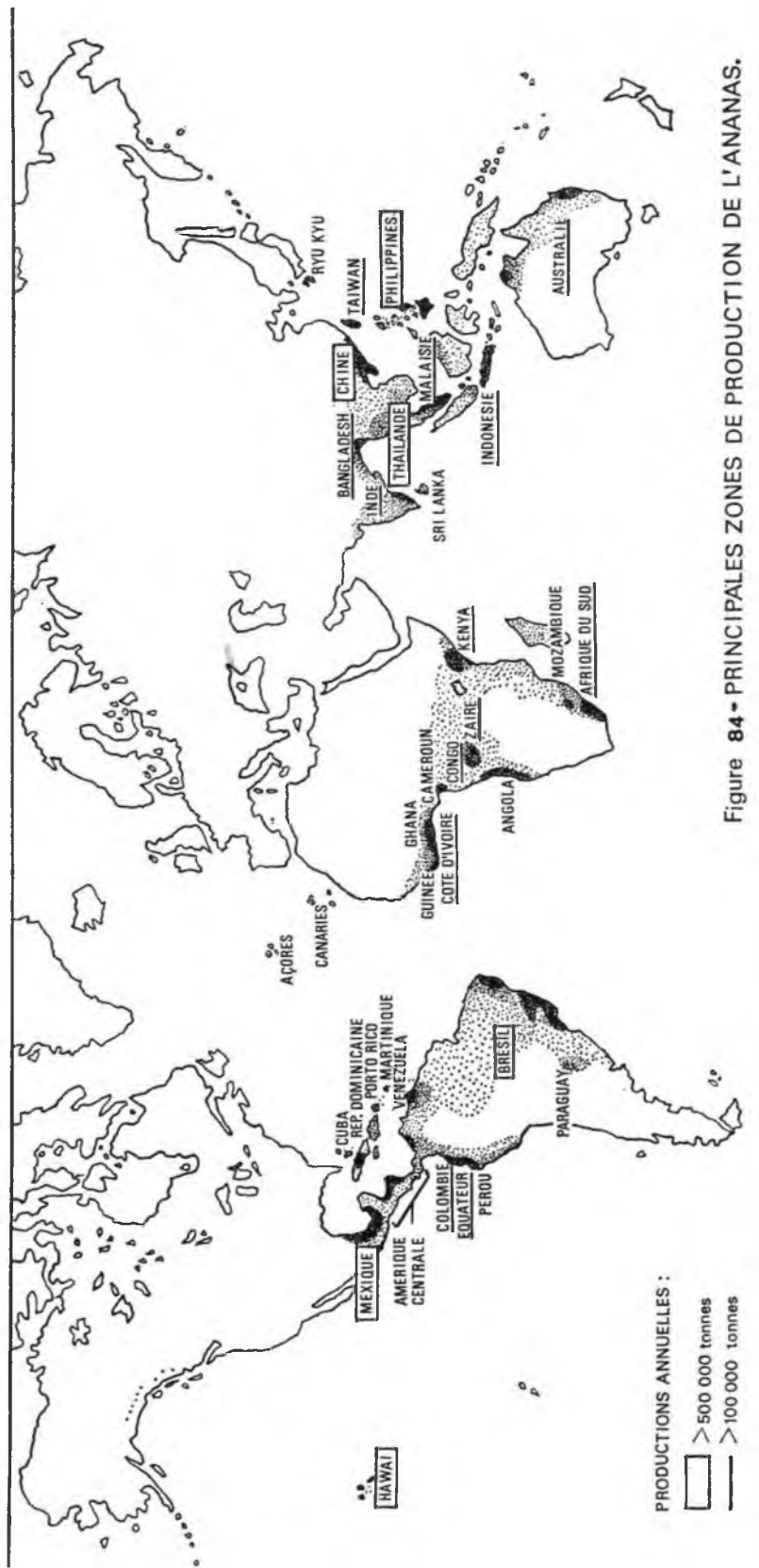


Figure 84 - PRINCIPALES ZONES DE PRODUCTION DE L'ANANAS.

en emballant des plants entiers (Anonyme). Les productions de Cuba et Puerto Rico concurrencèrent progressivement la production floridienne (les exportations de Floride connurent leur apogée en 1911 avec un total d'environ 20 000 t) et plus tard celle des Bahamas ; mais la production des Açores, qui remonte également au milieu du siècle dernier (ZEYEN, 1951) et qui fut pratiquement le seul fournisseur de l'Europe Occidentale jusqu'à la veille du conflit 1939-1945, s'est maintenue à un niveau non négligeable jusqu'au début des années 70. A partir de cette date cependant, face à la concurrence africaine, elle déclina progressivement ; mais la spécificité de cette production lui permet cependant de poursuivre une activité dans ce domaine.

C'est avec le développement des techniques de conservation par stérilisation et mise en boîte que le développement de l'ananas connut un tournant décisif à la charnière des XIX^e et XX^e siècles.

Les premiers essais de mise en boîte auraient eu lieu à Hawaii en 1882, mais ce n'est que dix ans plus tard que débuta véritablement l'industrie de la conserverie d'ananas à Hawaii basé essentiellement sur le cultivar Cayenne Lisse (JOHNSON M. O., 1935) ; son essor se confirma avec la mise en service d'une fabrique de boîtes (1906) et la mise au point d'une cylindreuse-écœureuse automatique (GINACA) en 1943.

Des industries de conserves d'ananas se développèrent parallèlement dans plusieurs pays du sud-est asiatique : Taïwan à partir de 1902 (CHANG CHANG YU, cité par COLLINS J. L., 1960) ; Malaisie à partir de 1888 (NEVILLE, 1963) ainsi que dans d'autres pays du Commonwealth britannique : Australie et Afrique du Sud.

Dans les Caraïbes, des conserveries se créèrent dès 1908 à la Martinique et à peu près à la même date à Cuba et Puerto-Rico.

Les conserveries d'ananas des Philippines et du Kenya, créées par des sociétés hawaïennes, inquiètes du développement que prenait la maladie du Wilt à Hawaii faisant craindre une disparition des cultures, remontent toutes deux à 1920.

La guerre 1939-1945 ruina la majorité des plantations et conserveries du sud-est asiatique et brisa l'essor de celles des pays non directement liés au conflit du fait de la limitation des échanges internationaux, elle favorisa, par contre, le développement d'une industrie de l'ananas au Mexique.

Dans les années qui suivirent la fin des hostilités, l'industrie de la conserve d'ananas, stimulée par une demande accrue (augmentation du niveau de vie des pays s'industrialisant rapidement : Europe Occidentale, Amérique du nord et Japon) reprend son essor. Hawaii, qui jouissait au début des années 50 d'un quasi monopole de fait, vit apparaître progressivement des concurrents. La Côte-d'Ivoire en particulier partie de rien en 1950, rejoignit le peloton des pays grands producteurs vingt ans plus tard, suivie beaucoup plus tard par la

Thaïlande. Entre temps les Philippines doublèrent pratiquement leur production avec l'installation d'une seconde société hawaïenne dans le pays (1963).

Parallèlement à cet essor de l'industrie de la conserve se développèrent les *exportations de fruits frais* à partir de Cuba et Porto-Rico sur l'Amérique du Nord : en 1930, Cuba exportait 57 000 t et 43 000 à la veille du conflit, tandis que Porto-Rico atteignait près de 10 000 t, à cette même époque, et le Mexique 6 000 t.

A partir de 1950, à la faveur du développement et de la qualité du transport maritime réfrigéré, les exportations en frais cessèrent d'être l'apanage de la zone Caraïbe (seules autres exportations en frais indiquées dans les statistiques de l'époque : Brésil sur Argentine : 2 à 3 000 t ; Philippines sur pays voisins : 8 000 t et, par ailleurs, les Açores : 3 000 t). L'Afrique Occidentale commença à produire pour l'Europe Occidentale ; Taïwan, puis Hawaii entrèrent dans le mouvement peu après en consacrant une partie de leur production à des exportations en frais, le premier vers le Japon, le second vers le « mainland » des USA ; suivis au cours des années 1970 par les Philippines qui exportèrent massivement sur le Japon.

L'essor de ce type de production fut donc à la fois très rapide et récent après avoir débuté plus tôt que la production pour la conserve et être resté à un niveau marginal pendant la période de fort développement de cette dernière.

IV.2. — PRODUCTION ET MARCHÉS

IV.2.1. — PRODUCTION MONDIALE DE FRUITS FRAIS

Le tableau 69 a cherché à identifier les productions d'ananas des années 1970 en rappelant, chaque fois que les relevés statistiques le permettaient, les situations en 1960 et 1950. Comme précisé plus haut, il n'a pas la prétention d'être complet, beaucoup de données font défaut. Par ailleurs, on n'a pris en compte que les pays dont la production annuelle dépasse un millier de tonnes et on a assimilé à « pays » toute entité géographique bien définie, ne voulant pas restreindre l'utilisation de ce terme aux seules entités « politiques » parfois très artificielles.

Au début des années 1980, la production mondiale dépassait 9 millions de tonnes, soit près de deux fois plus que dix ans plus tôt ; au cours de la décade précédente, elle aurait également presque doublé. L'Asie du Sud-Est produit à elle seule plus de la moitié de la production mondiale, le continent américain un peu plus du quart, le solde étant fourni par l'Amérique latine, l'Afrique et l'Océanie.

A la fin des années 1970, vingt pays produisaient annuellement plus de 100 000 t (dont 9 appartiennent à l'Asie du Sud-Est) et, pour 7 d'entre eux, la production annuelle dépasserait 500 000 t : Brésil, Hawaii, Mexique, Chine, Indes, Philippines et Thaïlande, et dont 4 dans la région précitée ; on mesure le « poids » de l'Asie dans le contexte international.

Mais l'évolution récente de la production a été très différente d'un pays à l'autre.

La production hawaïenne se maintient dans le peloton de tête en dépit d'une réduction régulière de 1 % par an depuis 1975. Les productions malaisiennes et taïwannaises connaissent une régression plus marquée. Celles du Mexique, du Brésil, du Bangladesh, de Chine, d'Afrique du Sud ont faiblement augmenté ; par contre, celles des Philippines, de la Thaïlande, du Vietnam, de la Côte-d'Ivoire, du Kenya et du Zaïre ont fortement progressé. Mais si on se réfère aux dernières années 1970, on constate que pour 4 d'entre eux la production tend à plafonner, tandis que pour deux, la Thaïlande et le

TABLEAU 69

Production mondiale d'ananas et estimation (en millions de tonnes)

(les pays dont la production annuelle
est inférieure à un millier de tonnes
ne sont pas pris en compte) (E = estimation)

AFRIQUE	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution de la pro- duction au cours de la dernière décade
Afrique du Sud	28	136	122	174	187	174	194	177	182	139	167	212	210	+
Angola			18 E	20 E	20 E	22 E	22 E	22 E	25 E	25 E	20 E	20 E	21 E	=
Benin			3	3 E	3 E	3 E	3 E	3 E	3 E	3 E	3 E	3 E	3 E	=
Cameroun		1	6	5	6	7	13	9	10	18	14 E	32 E	35 E	++
Congo			90	92	95	98	98	99	99	100	100 E	102 E	104 E	=
Centre Afrique Rép.							1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	++
Côte d'Ivoire		23	111	139	203	199	228	240	272	242	312	315	330	++
Ghana			30	29	23	29	35	16	25	28	29	3	5 E	=
Guinée		14	13	15	12	12	13	14	7	7	16	16	17 E	=
Kenya		12	32	34	36	48	44	73	100	110 E	130 E	140 E	145 E	++
Libéria			7	6 E	7 E	7 E	7 E	7 E	7 E	7 E	7 E	8 E	8 E	=
Madagascar		5	35	46	48	47	55	74	39	43	48	51 E	55 E	=
Maurice														E
Mozambique			18	18 E	18 E	18 E	18 E	12 E	13 E	13 E	13 E	13 E	13 E	-
Réunion (France)		1	1	1	1	2	2	3	3	2	1	4 E	4 E	=
Soudan			3 E	4 E	4	4	4 E	4	4 E	4 E	4 E	4 E	5 E	=
Swaziland		2	10	9	8	14	21	17	18	18	28 E	30 E	27 E	++
Tanzanie			36	38 E	40 E	42 E	44 E	45 E	45 E	46 E	45 E	46 E	47 E	++
Zaïre			175	154	161	150	171	178	167	160	147	152	158 E	=
TOTAL AFRIQUE			730	787	872	978	978	994	1020	1017	1107	1151	1186	

AMERIQUE DU NORD ET CENTRALE	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution de la pro- duction au cours de la dernière décade
Costa Rica			5	6	6	8	8 E	8 E	9 E	9 E	9 E	9 E	9 E	++
Cuba	101	102	14	21	32	31	30	22	21	22	18	14	18 E	=
Rép. Dominicaine	10	4	13	15	18	18	18	19	19	19	20	18	20	+
Guadeloupe		3	1	3	1	2	2	2	-	-	-	-	-	=
Guatemala			17	17 E	18 E	18 E	18 E	19 E	20 E	21 E	17 E	23 E	18 E	=
Haiti			1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	++
Honduras		2	5	20 E	13 E	13 E	15 E	17 E	31 E	28 E	30 E	31 E	32 E	++
Jamaïque		1	4	6	7	5	4	4 E	5 E	5 E	5 E	5 E	6 E	=
Martinique (France)	4	19	18	23	27	22	26	24	16	14	17	15	18	=
Mexique	129	181	308	340	362	268	397	371	442	510	568	632	605	++
Nicaragua			25	27 E	28 E	29 E	31 E	33 E	34 E	35 E	36 E	33 E	34 E	+
Panama			3	5	5	6	7	7	7	7	8	8	8	+++
Puerto Rico (U.S.A.)	36	42	49	52	44	38	40	43	38	39	34	40	35	-
Salvador			33	35	34	30	27	30	23	21	17	22	23	-
Trinitad			2	2 E	2 E	2	2	2	2	2	2	3	3	-
Hawaï (U.S.A.)	701	945	865	855	859	735	635	653	617	626	612	618	596	-
AMERIQUE DU SUD														
Argentine			1	2	1	4	4	4	4	4	4	3	3 E	+
Bolivie			5	7	7	8	8	9	9	10	11	7 E	8 E	++
Brésil	165	267	424	385	350	488	500	515	525	551	575	580	565	+
Colombie			85	87	89	100	115	134	105	110	85	105	127	=
Equateur		58	59	56	73	45	98	134	130	118	125	125	135 E	++
Guyane			1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2 E	=
Paraguay		10	35	35	36	37	39	32	35	38	33	34	35 E	=
Pérou			62	53	50	50	51	56	55	56 E	58 E	46 E	48 E	=
Vénézuéla			35	35	40	41	35	34	54	122	69	76	83 E	++
TOTAL AMERIQUE			2073	2080	2105	2001	2023	2155	2205	2345	2361	2459	2443	

ASIE	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution de la production au cours de la dernière décade	
Bangladesh			94	91	99	111	124	138	144	142	140	142 E	142 E	+	
Brunei			2 E	2	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E	=	
Chine			801 E	842 E	837 E	851 E	851 E	882 E	862 E	885 E	873 E	888 E	868 E	=	
dont Taïwan	(45)	(46)	(338)	(359)	(334)	(328)	(308)	(319)	(279)	(282)	(250)	(245)	(233) E	-	
Indes			98 E	100 E	95 E	98 E	100 E	105 E	110 E	110 E	112 E	500 E	549 E	+++	
Indonésie			110	110	120	126	122	120	119	120	151	259	262	++	
Kampuchea			33	18	12	11 E	10 E	10 E	9 E	9 E	7 E	5 E	6 E	-	
Laos			25 E	25 E	26 E	26 E	27 E	24 E	26 E	28 E	26 E	30 E	32 E	=	
Malaisie	25	147	283	262	255	242	245	199	194	192	190	193	185	-	
Philippines	50	114	233	282	293	405	409	424	420	780	815	875	1281	+++	
Ryu-Kyu (Japon)			27	67	71	60	85	77	65	59	49	55 E	53 E	56 E	-
Sri-Lanka			25	38	37	38	42	44	49	63	52	78	94	46 E	=
Thaïlande			256	242	240	319	483	804	1151	1295	1499	1540	1372	1680	++++
Vietnam			54	33	34	33	34	34 E	35 E	35 E	36 E	37 E	265 E	320 E	++++
TOTAL ASIE			2059	2126	2189	2516	2840	3204	3338	3882	4067	4678	5429		

EUROPE	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution de la production au cours de la dernière décennie
Açores (Portugal)	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1 E	1 E	=
Canaries (Espagne)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2 E	=
TOTAL EUROPE			4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	

OCEANIE	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution de la production au cours de la dernière décennie
Australie	50	74	141	154	126	129	116	103	112	117	122	151	143	=
Iles Cook			2	2	1	1	2	1	3	1	2	3	3 E	=
Fidji			1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	1 E	=
Papouasie			7 E	7 E	7 E	7 E	8 E	8 E	8 E	8 E	8 E	8 E	8 E	=
Polynésie (France)														=
Samoa			4 E	4 E	4 E	5 E	5 E	5 E	5 E	5 E	5 E	5 E	5 E	=
TOTAL OCEANIE			155	168	139	143	132	129	129	132	138	168	158	
TOTAL GENERAL			5021	5031	5309	5642	5977	6476	6696	7362	7657	8459	9219	

Légende

Sont soulignés les pays producteurs produisant plus de 100 000 T/an	Evolution de la production au cours des années 70	- : production en diminution = : production variant dans de faibles proportions + : production en augmentation faible ++ : production en augmentation forte (production à peu près doublée en 10 ans) +++ : production en augmentation très forte (production à peu près triplée en 10 ans) ++++ : production en augmentation extrêmement rapide (production plus que triplée en 10 ans)
E : estimation		

Vietnam, la production a continué à progresser, mettant dans une position en flèche très marquée la Thaïlande.

D'autres pays, faibles producteurs actuellement, connaissent également une croissance très rapide : Honduras et Swaziland en particulier.

IV.2.2. — CONSOMMATION LOCALE

Il est difficile de la connaître. Pour l'estimer, on ne peut que soustraire de la production mondiale en frais les productions exportées en frais et après estimations celles utilisées pour la fabrication de conserves (dans la très grande majorité des cas celles-ci, en effet, sont exportées, sauf exception telle que l'Australie qui consomme la majorité de sa production).

En opérant de la sorte et en estimant que le tonnage entrant à l'usine est le double des tonnages de conserves produites (tranches, morceaux de tranches et compote — ce que les professionnels appellent « solid pack »), les tonnages consommés localement, essentiellement en frais, représenteraient à la fin des années 1970 : 73 % de la production globale, soit près de 6 000 000 de tonnes.

Si on étudie les productions entrant dans le concert des échanges internationaux, on constate que le nombre des pays concernés est très réduit.

IV.2.3. — EXPORTATIONS EN FRAIS - IMPORTATIONS

Les tableaux 70 et 71 tentent d'identifier les exportations et les importations, et la figure 85 de schématiser les mouvements commerciaux à partir des zones de production vers les centres de consommation. Quand ce flux se fait à l'intérieur d'une même entité politique, on l'a différencié par du « noir » pour le distinguer des autres entrant dans le cadre des échanges internationaux. Les largeurs des flèches symbolisant les parcours empruntés sont proportionnelles aux volumes transportés.

Le tonnage global exporté en frais s'élevait à 400 000 t en 1980 soit approximativement 5 % de la production mondiale ; il a plus que doublé en 10 ans.

On constate l'existence de 3 grands « pôles » de consommation, tous 3 en expansion rapide :

- l'Amérique du Nord : USA et Canada,
- l'Europe occidentale,
- le Japon.

TABLEAU 70

**Exportations « en frais » en milliers de tonnes et estimations
(les pays dont les exportations annuelles sont inférieures
à un millier de tonnes ne sont pas pris en compte)**

	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution au cours de la dernière décade
Afrique														
• Afrique du Sud	1	-	6	6	5	3	2	2	1	1	2	3	5	=
• Angola	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	=
• Cameroun	-	1	1	1	1	2	2	3	5	5	7	9	5	+
• Côte d'Ivoire	1	3	23	21	39	44	62	68	63	62	94	91	90	++++
• Guinée	1	3	10	10	12	4	6	4	3	2	3E	3E	3E	-
• Kenya	-	-	<1	1	2	2	1	1	1	2	3	2	2	=
Amérique														
• Brésil	24	17	14	14	7	10	13	7	5	10	12	19	20	=
• Cuba	37	-	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
• Equateur	-	-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	=
• Hawaï (USA sur USA + hors USA)	-	-	29	23	30	-	-	47	50	59	71	70	66	++
• Honduras	-	-	4	8	11	9	11	15	20	23	28	26	29	+++
• Martinique	-	-	3	5	5	3	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
• Mexique	3	17	8	9	16	14	13	17	18	27	37	44	45	++++
• Paraguay	-	-	-	1	1	-	3	1	1	1	-	-	-	-
Asie														
• Malaisie (1)	-	-	(41)	(42)	(34)	(30)	(27)	(23)	(19)	(20)	(19)	(18)	(19)	-
• Taïwan	-	-	34	44	66	49	9	18	15	15	14	15	11	-
• Philippines	-	-	3	5	9	10	28	44	58	75	101	108	115	++++
• Vietnam	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	9	2	4	+
Europe														
• Açores	-	-	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
Totaux			179	193	241	183	180	251	264	293	401	410	415	

(1) exportations par route sur Singapour distante de quelques dizaines de km de la zone de production E = estimation

TABLEAU 71

**Importations d'ananas « en frais » en milliers de tonnes et estimations
(les pays dont les importations annuelles restent inférieures
à un millier de tonnes ne sont pas pris en compte)**

	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution au cours de la dernière décade	Principales provenances
<u>Amérique</u>															
• Argentine	1	-	16	16	13	11	17	7	7	10	11	17	13	=	Brésil
• Chili	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	3	3	=	Equateur
• Canada	6	-	2	3	3	5	5	7	7	8	10	10	15	++++	Hawaï
• USA (mainland)			60E	63E	64E			105E	97E	117E	137E	141E			dont :
			29	23	30	-	-	47	50	59	71	69		++	{ Hawaï
			19	22	12	10	12	11	10	10	6	7	2	-	{ Puerto Rico
			12	18	22	22	22	47	37	48	60	65	69	+++	{ Autres pays
<u>Asie</u>															
• Japon	-	-	35	44	71	55	36	54	62	77	101	109	105	+++	dont :
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	107	109		{ Philippines
			3E	3E	3E	3E	3E	3E	3E	3E	3E	3E	3E	=	{ Iles Ryou Kyou
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	7		{ Taïwan
• Singapour			41	41	34	29	27	22	18	19	18	19	18	-	Malaisie
• Hong Kong			2	2	1	-	-	1	1	1	1	3	2	=	Taïwan
<u>Europe</u>															
• Europe Occidentale			41	47	63	65	76	83	83	82	126	122	122	+++	
• Allemagne Fédérale		1	6	7	10	9	10	13	14	10	19	16	12	++	{ Açores
• Espagne			-	-	1	3	6	6	6	7	8	12	17	+++	{ Afrique du Sud
• France	<1	5	17	18	26	25	33	33	34	31	48	44	39	++	{ Cameroun
• Grande Bretagne	2	4	7	7	7	8	4	5	4	4	7	8	11	=	{ Côte d'Ivoire
• Italie			2	3	4	6	7	9	8	7	16	14	17	+++	{ Kenya
• URSS			5	8	8	5	7	5	6	6	9	3	4	=	Cuba, Guinée
• Yougoslavie			1	1	<1	1	3	2	<1	3	1	1	1		Côte d'Ivoire
Totaux			204	227	258	-	-	286	281	323	395	428	-	les totaux sont effectués à partir des chiffres d'importation relevés	

E = estimation.

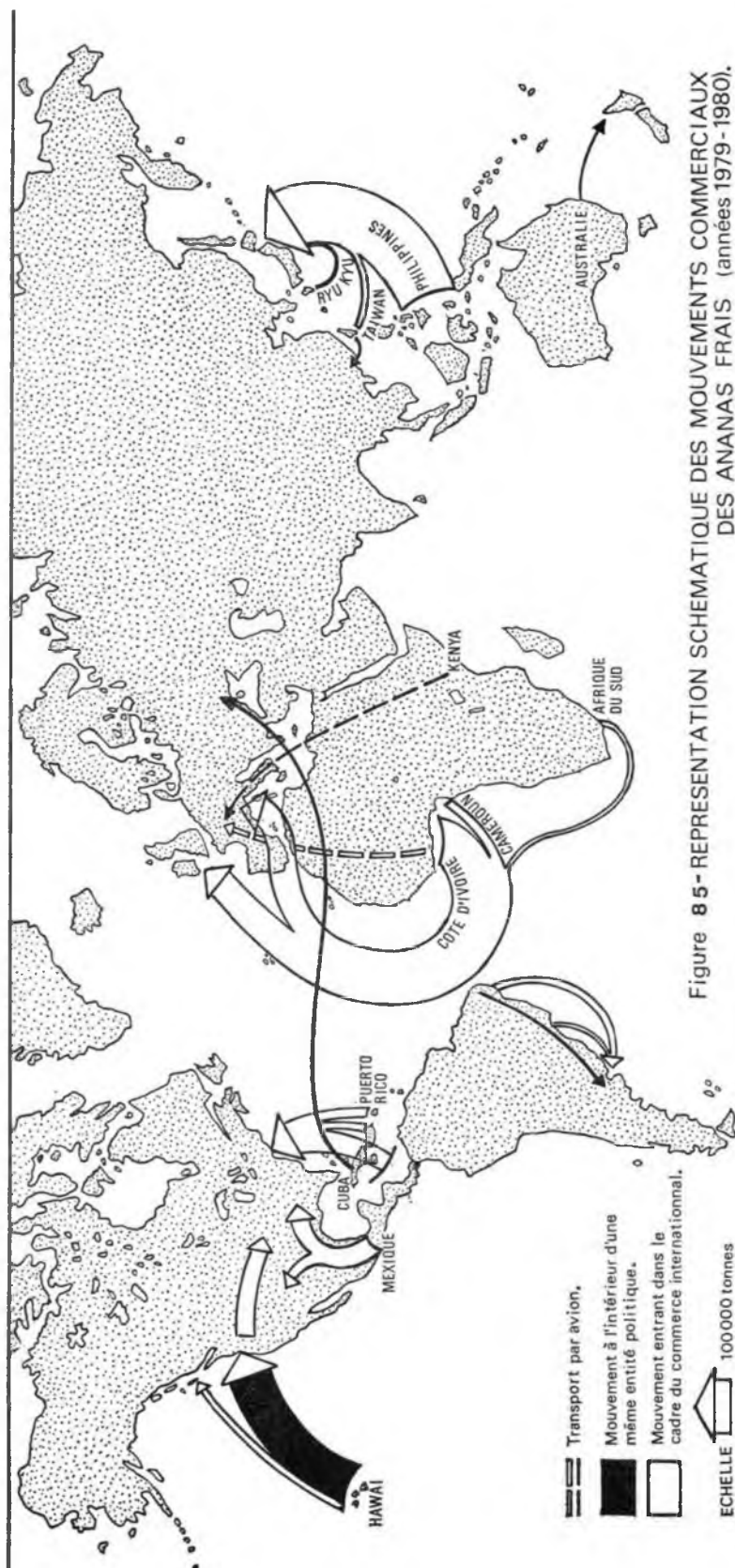


Figure 85-REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES MOUVEMENTS COMMERCIAUX DES ANANAS FRAIS (années 1979-1980).

Tout naturellement, les pays fournisseurs sont les pays producteurs les plus proches de ces zones fortement industrialisées avec lesquelles ils ont établi des relations économiques étroites, à savoir :

— Pour *l'Amérique du Nord* : les Iles Hawaii (il ne s'agit pas à proprement parler d'« exportation » dans le cas de vente sur le 'mainland' des USA), Puerto-Rico (pays pour lequel on peut faire la même remarque bien que ne jouissant pas du même statut politique que les îles Hawaii) ainsi que plusieurs pays d'Amérique Centrale et de la Caraïbe : Mexique, Honduras, Costa-Rica, République Dominicaine. Dans le cas des deux premières zones de production (Hawaii et Puerto-Rico), les transports se font par containers réfrigérés. Dans le cas du Mexique, ils se font par terre. Une fraction importante des exportations de ce dernier pays est utilisée pour la fabrication de salades de fruits en conserverie.

Depuis la rupture des relations économiques entre Cuba et les USA (1959), les exportations de Cuba vers cette dernière destination ont été totalement suspendues.

— Pour *l'Europe Occidentale*, l'approvisionnement est assuré, essentiellement, par la Côte-d'Ivoire, secondairement par le Cameroun et l'Afrique du Sud par navires réfrigérés ou conteneurs (Afrique du Sud), auquel s'ajoutent des tonnages venant du Kenya par voie aérienne, mode de transport de plus en plus usité, également par la Côte-d'Ivoire et assurant une qualité supérieure.

— Pour *le Japon* : trois pays fournisseurs, beaucoup plus proches que dans les cas précédents :

- Iles Ryu Kyu (comme dans le cas des îles Hawaii et de Porto-Rico, il ne s'agit donc pas à proprement parler « d'exportations »),

- Taïwan et les Philippines dont les exportations sont en augmentation très rapide ces dernières années, surtout de la part des Philippines ; la proximité permet de simplifier la technique de transport maritime et peut dispenser de la réfrigération des cales qui ne sont alors que ventilées. Les fruits sont placés verticalement dans des caisses-palettes récupérables.

Un examen détaillé des exportations montre une très forte progression des tonnages dans cinq pays seulement : Philippines, Côte-d'Ivoire, Mexique, Hawaii, Honduras ; dans tous les autres elle est stagnante ou en régression.

Le développement de courants commerciaux pour l'ananas frais est étroitement lié au développement des échanges maritimes réfrigérés ; il est probable qu'il s'intensifiera davantage par un accroissement de la consommation par habitant des pays déjà concernés que par l'ouverture de nouveaux marchés (il y a d'importants écarts dans les niveaux de consommation par habitant à l'intérieur de

l'Europe Occidentale : 137 et 311 g en 1978 en Grande-Bretagne et en Allemagne Fédérale contre 833 g pour la France).

IV.2.4. — PRODUCTION DE CONSERVES EXPORTATIONS - IMPORTATIONS

Par les tableaux 72, 73 et 74, on a cherché à synthétiser toutes les données relatives aux conserves. Sous le terme de « conserve », tel qu'il est utilisé dans le cas de l'ananas, on ne comprend, comme on l'a déjà précisé plus haut, que les conserves de tranches, morceaux de tranches et compotes (« solid pack ») qui représentent potentiellement 50 à 60 % des tonnages de fruits frais entrant en conserverie pour leur fabrication, mais pas les conserves de jus considérées souvent comme des co-produits des premières.

Dans la production contrôlée par les producteurs hawaïens et leurs filiales regroupés au sein du Pineapple Growers Association of Hawaiï (P.G.A.H.) la part des conserves de tranches représente en nombre de cartons 36 à 42 % du « solid pack », la compote 26 à 28 %, le solde se répartissant entre différents types de morceaux (« tidbits », « chunks », « spears » et « pieces »). Les boîtes 1/1 (2 1/2) qui représentaient 7 à 9 % du total au début des années 1970 plafonnent autour de 4 % à partir de 1975, alors que les boîtes 3/4 (2) sont passées d'environ 38 à 39 % au début des années 1970 à 45 à 53 % au cours des années suivantes. Les boîtes « 10 » se situent en 3^e position (18 à 26 %) et les boîtes « 1 1/2 » et « 1 flat » en 4^e et 5^e position, les boîtes « 211 » étant devenues marginales.

Par la figure 86, on a par ailleurs tenté de visualiser, comme dans le cas des exportations d'ananas frais, les mouvements des pays producteurs vers les pays consommateurs, en présentant des flèches dont la largeur est proportionnelle aux tonnages.

Selon le tableau 72, la production de conserves atteindrait, à la fin des années 1970, un total de 960 000 t après une progression lente et régulière au cours de la dernière décade ; pour leurs fabrications, près du quart de la production mondiale de fruits frais est utilisé. D'importants changements sont intervenus au sein du groupe des pays producteurs : la Thaïlande a multiplié par plus de six sa production en dix ans, se hissant ainsi au troisième rang ; d'autres ont progressé sensiblement : les Philippines, le Kenya, la Côte-d'Ivoire et le Mexique. Cette « poussée » s'est faite essentiellement aux dépens de trois pays : Hawaï, Malaisie et Taïwan ; les autres pays ont simplement maintenu leur production. L'Asie du Sud-est tient maintenant une place prépondérante : en 1980 près de 55 % de la production mondiale de conserves étaient fabriqués par cette région. En fait, la progression du sud-est asiatique est due essentiellement, principale-

TABLEAU 72

**Estimation de la production de conserves en milliers de tonnes
(tranches entières, morceaux de tranches, compote... = solid pack)
(les pays dont la production annuelle estimée
ne dépasse pas un millier de tonnes ne sont pas pris en compte)**

480

ASPECTS ÉCONOMIQUES

	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution de la production au cours de la dernière décade	En % du total 80
Afrique															
. Afrique du Sud	6	37	59	60	59	45	55	52	51	51	54	55	54	=	5,6
. Côte d'Ivoire	1	4	36		68	64	67	58	72	53	72	62	64	++	6,7
. Kenya (1)			12	11	10	13	9	20	30	45	48	47	41	++	4,3
Amérique															
. Hawaï (USA)	204	234	309	254	227	195	165	167	169	174	155	152	142	-	14,8
. Martinique (France) (2)			6	7	7	8	8	9	10	7	5	8E	8E	=	0,8
. Mexique	15	-	32	20	34	27	44	43	48	62	64	71	72	+++	7,5
. Porto Rico (USA)	12								3	3	3	2	3E	=	0,3
Asie															
. Chine										16	12	10	9		0,9
. Indonésie										5	6	6	6		0,6
. Malaisie	17	39	66	62	57	60	61	44	46	49	50	48	43	-	4,5
. Philippines			120	100	140	137	139	141	175	257	257	269	276	++	28,8
. Ryou Kyou (Japon)		13	30							17	21	22	23	=	2,4
. Taïwan	4	48	100	91	61	58	44	34	23	19	2		37	-	3,9
. Thaïlande			16	11	13	18	33	41	67	94	109	119	126	++++	13,1
				(1)	(1)										
Océanie															
. Australie	11	-	34	33	32	35	37	29	39	28	32	42	37	=	3,9
Autres										15	20	16	18		1,9
Totaux			820	649	708	660	662	638	733	895	934	960	959		100

Extrait de « Taiwan Exports of Canned Food » 1980, d'après l'Almanach 1981
et d'autres sources faisant autorité.

(1) Tonnages exportés.
(2) Tonnages importés en France.

TABLEAU 73

Estimation des exportations de conserves, en milliers de tonnes (tranches, morceaux, compote = solid pack)
(les pays dont les exportations annuelles estimées ne dépassent pas un millier de tonnes ne sont pas pris en compte)

	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution des exportations au cours de la dernière décade
<u>Afrique</u>														
. Afrique du Sud	38	47	44E	45E	56E	40	45	50	50E	45E	46	44	53	=
. Angola			1	-	3	3	4	4E	4E	4E	4E	5E	5E	+
. Côte d'Ivoire		4	27	36	44	51	59	54	59	52	61	59	65	++
. Kenya			9	12	10	13	7	20	29	45	42	41	41	++++
. Swaziland							2	5	4	5	5	9	10	++++
<u>Amérique</u>														
. Brésil								1	-	1	1	1E	1E	=
. Hawaï (USA) sur mainland des USA			280E	297E	297E	256E	237E	195E	207E	208E	214E	233E	208E	-
+ hors USA			31	28	32	35	20	17	15	15	15	12	10	-
. Martinique (France) sur France		10	9	7	7	8	8	11	12	6	3	8	5	=
. Mexique			22	25	21	20	18	16	27	29	33	28	19	=
<u>Asie</u>														
. Malaisie	14	38	61	57	56	52	52	43	51	49	48	37	40	-
. Philippines		33	86	103	108	90	125	116	138	154	161	188	187	++
. Ryou Kyou (Japon) (sur mainland du Japon)	←					Estimations 20 à 30								
. (1) (Singapour)			(68)	(61)	(63)	(55)	(54)	(46)	(49)	(52)	(46)	(41)	(39)	-
. Taïwan	27	44	80	87	78	63	45	29	27	19	15	28	34	-
. Thaïlande			14	11	13	14	30	37	61	88	114	117	127	++++
<u>Océanie</u>														
. Australie		13	6	5	4	4	3	3	3	2	2	4	6	=
Totaux estimés			670	738	754	674	680	625	687	746	789	839	836	+ (°)

(°) Non comprises les réexportations de Singapour et en estimant à 25 les exportations des Iles Ryou Kyou sur le mainland du Japon.

(1) () Exportations correspondant à un transit de marchandises : les conserves proviennent de Malaisie.

E = Estimation.

TABLEAU 74

Estimation des importations de conserves en milliers de tonnes
(tranches, morceaux, compote = solid pack)
(les pays dont les importations annuelles estimées
ne dépassent pas un millier de tonnes ne sont pas pris en compte)

	50	60	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Evolution des importations au cours de la dernière décade	Principales provenances
<u>Amérique</u>															
• Canada		19	24	28	24	26	21	28	27	22	28	29	34	=	Hawaï et pays du S.E. asiatique
• USA			388E	344E	307E	255E	243E	290E	320E	336E	317E	348E	346E	=	dont :
			280E	226E	194E	159E	145E	149E	153E	158E	141E	141E	132E	-	{ Hawaï
			108	118	113	96	98	141	167	178	176	207	214	++	{ Autres pays S.E. asiatique-Mexique
<u>Asie</u>															
• Arabie Saoudite				-	-	-	-	-	-	6	6	5	9	++++	{ S.E. asiatique
• Emirats											2	4	5	++++	dont :
• Japon				78	58	47	49	33	38	45	48	48	40	-	{ Ryou Kyou
							Estimations	20 à 30						=	{ Autres pays : S.E. asiatique
• Corée		18	-	53	33	22	24	8	13	20	23	23	15	+	{ S.E. asiatique
• Koweït										1	1	3	5	++++	{ S.E. asiatique
• (1) (Singapour)			(60)	(57)	(57)	(51)	(51)	(44)	(57)	(50)	(44)	(38)	(39)	-	{ Malaisie
• Yemen											2	3	2	++++	{ S.E. asiatique
<u>Europe</u>															
• Europe Occidentale			178	193	200	207	162	179	227	233	239	240	248	+	
• Allemagne Fédérale		53	68	84	86	81	60	72	80	71	84	80	77	=	{ Côte d'Ivoire
• Espagne			-	8	14	12	14	17	19	18	13	15	14	++	{ Kenya
• France	2	14	27	28	32	35	33	28	33	31	40	28	37	-	{ Afrique du Sud
• Grande Bretagne	5	59	65	54	59	63	51	47	40	55	38	39	46	-	{ Australie
• Italie			5	6	6	6	6	3	4	7	8	10	10	++	{ S.E. asiatique
• Autres pays d'Europe Occidentale			13	13	3	10	-	13	51	51	56	68	64	++++	{ Martinique
<u>Océanie</u>															
• Nouvelle Zélande	4	5	-	4	5	6	4	5	5	5	-	-	-	=	{ Australie
Totaux estimés				918	852	795	692	748	882	882	932	969	979	=	(°)

(°) non compris les réexportations de Singapour et en estimant à 25 les importations des Iles Ryou Kyou sur le mainland du Japon

(1) () importations de Malaisie destinées à être réexportées dans leur grande majorité

E = estimation

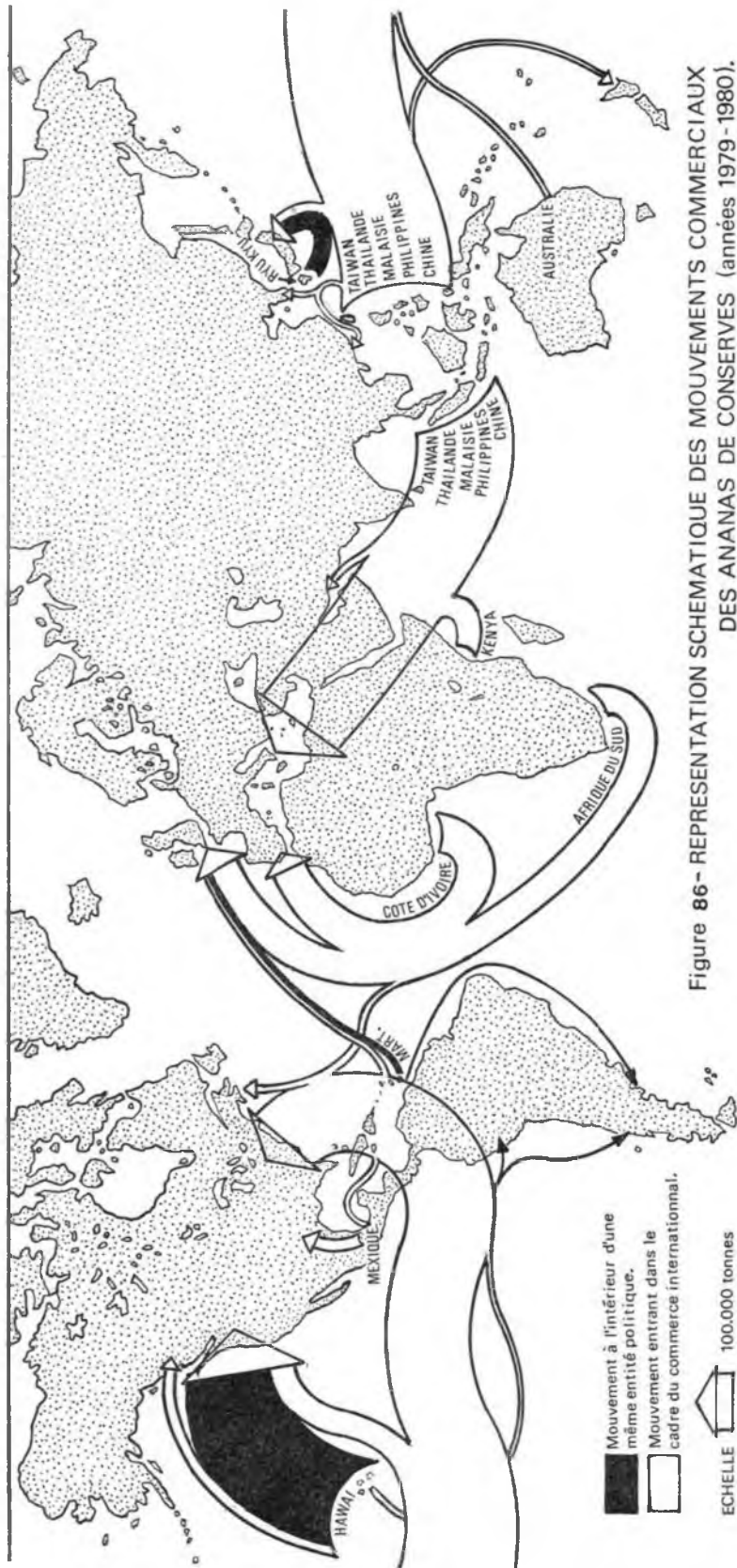


Figure 86- REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES MOUVEMENTS COMMERCIAUX DES ANANAS DE CONSERVES (années 1979-1980).

ment jusqu'en 1977, à un transfert d'activité des compagnies hawaïennes aux Philippines et en Thaïlande par la création de filiales ; ce qui permet de dire que les USA continuent d'être les premiers producteurs de conserves d'ananas, malgré le développement, surtout à partir de 1977, de productions nationales (non contrôlées pour ces filiales) dans ces pays (SUBRA, 1982).

D'une façon générale, la production de conserves est largement orientée vers l'exportation comme le montre le tableau 73, plus fiable et plus complet que le précédent, à quelques exceptions près comme l'Australie qui, comme on l'a déjà indiqué, consomme une partie importante de sa production.

Avec la figure 86 et le tableau 74 précisant les importations des pays consommateurs, on retrouve les trois « pôles » de consommation. Mais à la différence de l'exportation en frais, les distances jouent beaucoup moins du fait de la nature de la marchandise ; il n'y a pas de « barrières naturelles » et la concurrence est beaucoup plus vive. Cependant, un tissu d'accords plus ou moins officiels et l'appartenance à des zones monétaires différentes l'atténuent quelque peu. De ce fait, la production hawaïenne est vendue essentiellement aux USA. Avec la montée de la concurrence des pays du sud-est asiatique, l'archipel ne fournit plus qu'à peine 40 % de la consommation américaine, mais si on se réfère à la production globale des producteurs hawaïens et de leurs filiales (groupés au sein de la Pineapple Growers of Hawaiï - P.G.A.H.), on s'aperçoit, comme le montre clairement la figure 87, que cet ensemble ajuste assez bien leur production à la demande du marché américain (SUBRA, 1982).

Le Marché Commun Européen est fourni essentiellement par la Côte-d'Ivoire et le Kenya, pays associés, ... et par l'Afrique du Sud qui maintient des rapports privilégiés avec la Grande-Bretagne. Mais les conserveurs du sud-est asiatique, loin de se limiter à l'approvisionnement des marchés riverains de l'Océan Pacifique, vendent près de la moitié de leur production en Europe Occidentale.

Les USA à eux seuls absorbent plus de la moitié des exportations mondiales, l'Europe Occidentale vient en seconde position avec de grandes différences entre pays qui la composent : l'Allemagne Fédérale et la Grande-Bretagne consomment beaucoup plus de conserves que la France qui, consommant davantage d'ananas frais, en achète moins. Le Japon vient très loin derrière ; il a divisé par deux en dix ans ses importations de conserves d'ananas au profit de l'ananas frais dont les ventes ont triplé dans le même temps.

Contrairement à l'ananas frais, on constate l'ouverture de nouveaux débouchés, reflet de l'évolution de l'ordre économique mondial : les pays du Golfe Persique ont commencé à importer des conserves en quantités importantes à partir de 1977 et depuis cette date, la progression a été très rapide.

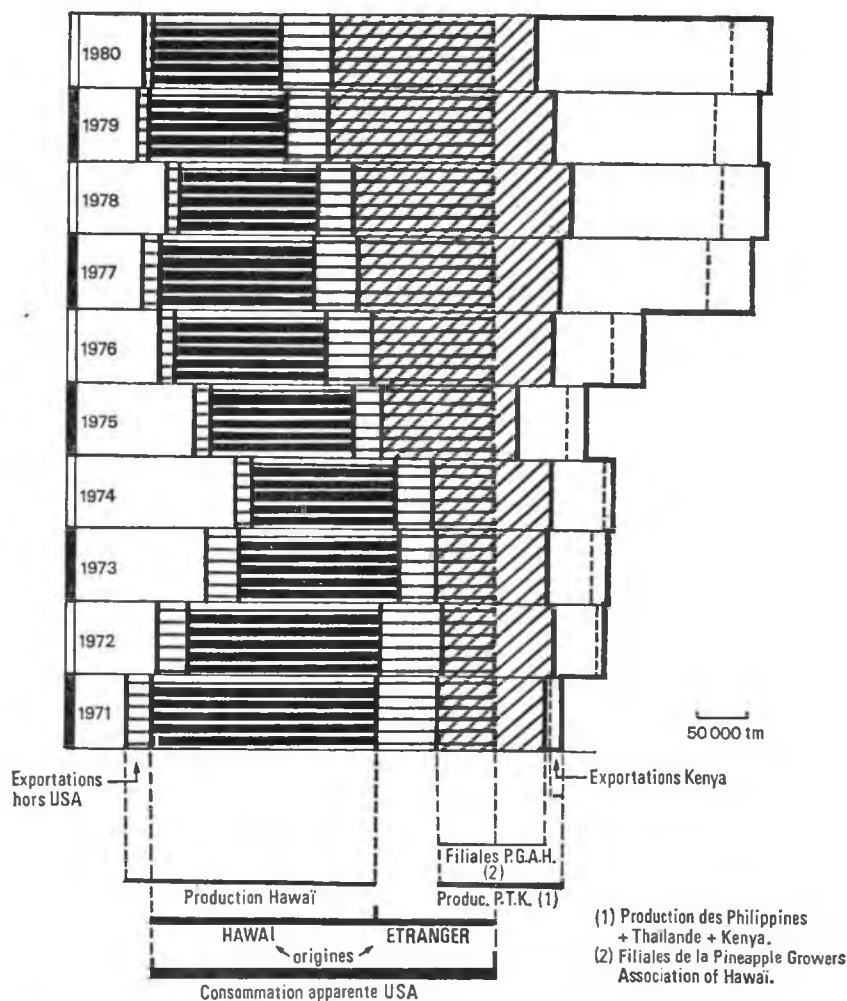


FIG. 87. — Origine des conserves d'ananas (« solid pack ») importées aux « USA-mainland » (d'après SUBRA, 1982).

Aux USA, la consommation par habitant après une baisse sensible en 1972-1974 tend à plafonner depuis plusieurs années aux alentours de 1,5-1,6 kg, chiffre très supérieur à la moyenne européenne où, les produits frais étant d'une façon générale plus prisés, il y a peu de chance de la voir se rapprocher de celle des USA. (Il existe cependant d'importantes différences d'un pays à l'autre : la consommation des « anciens » grands importateurs a tendance à plafonner alors que celle des « nouveaux » beaucoup moins importante progresse rapidement).

IV. 2.5. — PRODUCTION DE JUS EXPORTATIONS - IMPORTATIONS

Les statistiques concernant les jus, considérés le plus souvent comme un co-produit de la fabrication de conserves, sont encore plus incomplètes et imprécises. Par ailleurs, l'unité employée varie d'une statistique à l'autre et, à côté des productions « classiques » de jus pur « naturel », il y a des fabrications de jus concentré et des mélanges de jus de fruit ainsi que des boissons à partir de jus non normalisés qui entrent parfois dans une même rubrique. Les quantités de jus commercialisées ne sont pas souvent en rapport avec la production de conserves : dans les conserveries les moins bien équipées, souvent on ne récupère pas le 2^e grattage des peaux et les cœurs qui sont à la base de la fabrication des jus, à moins que ce jus soit utilisé comme le deuxième jus issu du pressage des peaux et des extrémités (calottes) pour l'obtention de sucre, de sirop ou la fabrication de vin, d'alcool de bouche, vinaigre ou autres co-produits (cf. III. 1.3).

Face à cette situation confuse, on a préféré s'abstenir de produire des statistiques. On s'est contenté d'indiquer que dans le domaine de la production de jus d'ananas, les îles Hawaii ont ici encore une position dominante avec une production s'élevant en 1980 à 147 000 t (ce total comprend, après conversion en jus « naturel », 5 260 t de jus concentré). Mais par ailleurs, les USA en importent une quantité à peu près équivalente essentiellement du sud-est asiatique (dont de leurs filiales) pour couvrir leurs importants besoins. Il est intéressant de souligner que la consommation par habitant dans ce pays a connu un « creux » de 0,649 kg en 1974 pour se rapprocher en 1980 du niveau de 1971, et que le jus concentré dans ce total a connu une chute spectaculaire. Le format le plus utilisé reste la boîte « 3 » des normes américaines.

Ce « survol » des productions d'ananas et de leur commercialisation montre que quelques producteurs très importants, parmi lesquels on peut citer la Chine et le Brésil, n'entrent pas dans le concert des échanges internationaux ; la quasi-totalité de leur production est consommée en frais localement ; les quelques fabrications industrielles le sont également.

IV. 3. — ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

Une vue globale des différentes productions et des mouvements commerciaux ne permet pas d'appréhender la place de l'ananas dans l'économie des différents pays producteurs. En quelques lignes, on a cherché à porter un éclairage sur celle-ci et sur les structures professionnelles mises en place autour de cette production, mettant en évidence les très importantes différences existant à cet égard d'un pays à l'autre.

Certains pays producteurs se sont hissés en quelques années dans le peloton de tête des grands producteurs, sans que la position de l'ananas en milieu rural traditionnel se soit modifiée pour autant. C'est le cas en particulier avec l'installation d'importantes unités de production privées, totalement autonomes, qui restent en dehors de l'évolution de l'activité agricole de la zone avoisinante ; les seules « retombées » pour la région se traduisent habituellement par un accroissement des activités commerciales, suite à l'accroissement du volume des salaires distribués. De telles unités de production sont pratiquement toujours créées autour d'importantes conserveries. Le cas des Philippines est typique à cet égard : en 1980, les 2 filiales des compagnies hawaïennes : DOLE-Philippines Inc. et DEL MONTE Philippines, ont produit chacune 400 000 t d'ananas sur près de 7 000 ha cultivés ; deux autres sociétés créées beaucoup plus récemment et en voie d'extension ont produit à elles deux 31 000 t. Le solde de la production est fourni par de petites exploitations ne représentant que 5 % de la production totale de l'État.

Dans d'autres pays, par contre, la progression de la production est le fait essentiellement d'une plus grande place laissée à l'ananas dans l'éventail des cultures pratiquées en association avec d'autres au sein d'une même exploitation. La production de l'ananas est alors destinée à alimenter les marchés locaux, à approvisionner des conserveries, plus rarement à faire de l'exportation en frais. Elle est dans ce cas intégrée dans l'activité agricole locale, son essor participe pleinement à l'accroissement de l'activité économique de la région. Ce cas se rencontre fréquemment dans nombre de pays en voie de déve-

loppement où les superficies consacrées à cette plante dans une même exploitation peuvent aller de 1/2 ha à quelques dizaines d'hectares.

En cherchant à accéder à des techniques plus avancées, il est fréquent cependant que les cultures d'ananas « s'individualisent » progressivement au sein de l'exploitation pour former de véritables petites entités indépendantes des autres cultures qui sortent des cycles de rotation. Il n'est pas rare même qu'à la faveur de conditions économiques favorables elles les supplantent progressivement, conduisant à une monoculture. Si cette évolution peut être considérée comme positive sur le plan de la rentabilité immédiate, elle doit être considérée avec prudence à d'autres points de vue et en particulier sous l'angle de la conservation de l'environnement et de l'utilisation des intrants. Il serait souvent nécessaire que des recherches soient entreprises afin de permettre la ré-insertion de l'ananas au sein de systèmes de culture adaptés au milieu villageois.

Entre ces deux extrêmes se place toute une gamme de cas de figures intermédiaires : des exploitations de taille « moyenne » : 20 à 60 ha, qui se consacrent uniquement à l'exportation de fruits frais (cas très courant en Côte-d'Ivoire) ou à une production « usine », et toutes les formes de regroupement imaginables conduisant à des coopératives qui peuvent aller de simples coopératives d'achat d'intrants, ou de transport et de commercialisation, ou à des coopératives assurant des prestations de service sur le plan de la mécanisation, ou encore à des coopératives plus ou moins intégrées. Pour profiter au maximum des possibilités de la mécanisation, les coopérateurs ont intérêt à regrouper « physiquement » leurs terres, ce qui suppose souvent des remembrements, à moins que l'on mette à leur disposition, sous une forme juridique ou une autre, de nouvelles terres dont ils peuvent n'être que locataires.

Étant donné les caractéristiques de la culture de l'ananas en soles distinctes (3 à 4 le plus souvent), correspondant à autant de cycles différents, les coopérateurs disposent habituellement au sein de ces coopératives intégrées de 1 à 2 parcelles par sole, soit au total de 3 à 8 parcelles. Dans les organisations de ce type mises en place en Côte-d'Ivoire, les surfaces allouées à chacun des coopérateurs vont habituellement de 0,5 à 1 ha/sole, soit de 1,5 à 3,0 ha au total dans le cas d'une parcelle par sole (GUYOT, 1976 b).

Avec de telles organisations efficaces sur le plan de la rentabilité, on tend inévitablement à une monoculture avec tous les inconvénients que cela représente. On aurait intérêt ici encore à imaginer de nouvelles formules intégrant d'autres cultures et formant un système adapté aux conditions socio-écologiques locales.

IV. 4. — DES COÛTS DE PRODUCTION

Il est commun de dire qu'il y a autant de coûts de production qu'il y a d'exploitations. Les facteurs de variation qui doivent être pris en compte quand on a choisi un nouveau lieu d'implantation sont nombreux et dépendent :

— du but économique recherché : il est évident que quand on se propose de produire de l'ananas frais destiné à un marché éloigné du lieu de production, les coûts sont sensiblement plus élevés que dans le cas d'une production destinée à être traitée en usine dans les heures qui suivent la récolte : dans le premier cas, les techniques sont plus sophistiquées et il est indispensable, au moment de la récolte, de prendre toute une série de mesures très dispendieuses en main-d'œuvre, destinées à éviter toute meurtrissure qui peut être le point de départ d'altérations fongiques ultérieures. Le conditionnement et plus particulièrement l'emballage sont par ailleurs très onéreux (de ce fait, le prix payé par le frais est de 4,8 à plus de 7 fois supérieur au prix payé pour la conserverie (SUBRA, 1982)) ;

— des caractéristiques du matériel végétal ; il existe d'importantes différences quant à la productivité des différents cultivars et même à l'intérieur du cultivar Cayenne Lisse les différences peuvent être sensibles entre clones, particulièrement en ce qui concerne la 2^e récolte ;

— de l'environnement physique du lieu d'implantation. Les principaux critères à considérer sont :

- topographie du terrain,
- caractéristiques physico-chimiques des sols,
- certaines caractéristiques du climat et en particulier la distribution des précipitations.

Il est évident que plus les risques d'érosion sont élevés (liés à la topographie et à la nature du terrain), plus onéreuses seront les mesures anti-érosives à prendre ; mais par ailleurs, la nature du terrain a également une incidence directe sur les postes « préparation du terrain » et « fertilisation ». Plus on s'éloigne des conditions clima-

tiques optimales, plus on cherche à « compenser » ce qui ne peut qu'alourdir les coûts de production. La distribution et l'importance des précipitations peuvent avoir une incidence majeure : l'amortissement des investissements nécessaires à l'implantation d'un réseau d'irrigation et les frais de fonctionnement correspondant peuvent peser lourdement sur les coûts de production. De nombreux projets n'ont pu voir le jour à la suite de l'incidence trop élevée de l'irrigation sur les coûts de production, bien qu'en se servant de l'eau comme véhicule pour appliquer fertilisants et pesticides on puisse, dans une certaine mesure, les atténuer.

— De l'environnement biologique. La présence de certains pathogènes ou de ravageurs peut contraindre à une lutte systématique, dont le coût peut varier considérablement d'un parasite à l'autre et, pour un même parasite, d'un site à l'autre.

La maladie du Wilt, universellement connue (cf. I. 4.2.2.2) contraint souvent à l'acquisition d'appareils de pulvérisation à grand débit pour que la solution insecticide puisse entrer en contact avec les cochenilles responsables. La maladie du *Phytophthora* (cf. I. 4.2.1.1.1), ainsi que certaines espèces de nématodes tels que *Pratylenchus brachyurus* (cf. I. 4.2.3.1.1), très irrégulièrement répandus dans le monde contraignent de faire appel à des pesticides très coûteux, voire des équipements spéciaux.

— Du coût de la main-d'œuvre, dont la qualification et les disponibilités peuvent être très variables, et de son encadrement.

C'est dans ce domaine qu'existent les plus grandes différences d'un pays à l'autre : aux îles Hawaïi, le coût de la main-d'œuvre est environ 50 fois plus élevé que celui de certains pays les moins avancés sur le plan du progrès économique ! mais les qualifications ne sont cependant souvent pas comparables.

Dans tous les pays où le coût de la main-d'œuvre est élevé, on a cherché à en diminuer l'incidence sur les prix de revient par une mécanisation plus ou moins « poussée ». Celle-ci exigeant des investissements conséquents, les frais d'amortissement sont élevés ainsi que les frais de fonctionnement depuis le renchérissement du coût de l'énergie, si bien que dans nombre de pays en voie de développement, les charges liées à la mécanisation se sont davantage accrues que les charges salariales... ce qui tend à un certain retour vers le travail manuel, là où les disponibilités en main-d'œuvre ne sont pas limitées. Le coût de l'encadrement est lui-même très variable et souvent, moins un pays est avancé sur le plan du progrès économique, plus le coût de l'encadrement est élevé... C'est le cas en particulier quand on est contraint de faire appel à un encadrement étranger.

— D'un ensemble de données affectant le coût des intrants, celui des transports intérieurs, le coût du fret quand il s'agit d'exportation

(et quand le prix de revient est calculé sur une base C.I.F.) qui peuvent dépendre, dans une large mesure, de dispositions législatives et financières locales ou d'accords internationaux (subventions, frais financiers, taxes...).

— Des possibilités d'appui technique et scientifique qui permettent, entre autres, une meilleure adaptation des techniques les plus avancées à chacune des conditions locales.

Face à ce faisceau de facteurs ayant une incidence sur les coûts de production, il devient hasardeux de tenter des comparaisons chiffrées. On présentera toutefois une approche qui permet de mettre l'accent sur les différences qui caractérisent la ventilation des coûts de production pour deux types de culture distincts et deux pays éloignés, mais appartenant à la même zone monétaire. Il s'agit d'une part de la Côte-d'Ivoire où sont comparées production pour l'usine et production pour l'exportation en frais, d'autre part de la Martinique, où seule la production pour l'usine est considérée.

On ne prend en compte que les charges directes de la production agricole, à l'exclusion des frais généraux, des charges d'encadrement, des amortissements et des frais financiers ; on suppose qu'on ne pratique qu'une seule récolte de fruits par cycle de plantation. Les coûts des facteurs sont ceux de la fin de l'année 1981.

Le tableau 75 présente les parts de chacun des postes de dépenses selon deux échelles :

— en pourcentage du total des dépenses pour chaque cas (les totaux sont tous égaux à 100) ;

— une échelle indiciaire ayant pour base la valeur 100 = total des charges du premier cas (Usine/Côte-d'Ivoire).

Ces coûts hectare sont à rapprocher des rendements moyens obtenus précisés sur la deuxième ligne du tableau.

L'examen des valeurs indiciaires montre que le coût direct par unité de surface est nettement plus élevé pour le fruit destiné à l'exportation en l'état que pour le fruit livré à la transformation (rapport de 2,26 : 1), et aussi que pour une activité identique, le coût est beaucoup plus élevé dans un pays que dans l'autre (rapport de 5,41 : 1), en relation avec des différences très importantes sur le plan des coûts de la main-d'œuvre. Le poste main-d'œuvre représente 40 % du coût de production en Martinique malgré une mécanisation assez « poussée » qui représente (amortissement non compris) 35 %, alors que les intrants n'interviennent que pour 25 %. Dans le cas de la Côte-d'Ivoire où les salaires sont beaucoup plus bas, l'incidence sur les coûts de production est sensiblement moindre : 32 %, bien que la quantité de main-d'œuvre affectée à l'hectare soit sensiblement supé-

TABLEAU 75

**Ventilation des charges directes
pour la production des ananas**

Pays	COTE D'IVOIRE			MARTINIQUE	
Type de production	Pour Usine (1)	Pour export en frais (2)		Pour Usine (1)	
Rendements moyens T./ha pour de bonnes plantations	75	60		75	
POSTES DE DEPENSES	% du total & indice rela- tif (3)	% du total	indice re- latif (3)	% du total	indice re- latif (3)
MAIN D'OEUVRE (nombre de journées d'ouvrier)	32 (305)	27 (597)	62	40 (218)	217
INTRANTS					
Engrais	21	25	55	11	58
Nématicides & Insec- ticides	10	15	35	8	44
Fongicides	-	2	5	-	-
Herbicides	5	2	5	2	10
Prod. florigènes	2	1	2	1	4
Prod. contrôle ma- turation	3	2	4	-	-
Polyéthylène	-	-	-	3	18
Ficelle	-	2	4	-	-
FONCTIONNEMENT MECA- NISATION	27	24	54	35	190
TOTAL	100	100	226	100	541

(1) Les charges directes comportent l'acheminement du fruit jusqu'à l'usine.

(2) Les charges d'emballage ne sont pas incluses.

(3) La base du calcul de l'indice relatif est 100 = total des charges directes dans le cas de la production pour l'usine en Côte-d'Ivoire.

rieure à ce qu'elle est dans le premier cas, tout comme le sont les frais de mécanisation. La part des intrants y est, par ailleurs, très élevée; mais si on se reporte aux colonnes des indices relatifs, on constate qu'en fait la part des intrants en dépenses est plus élevée en Martinique qu'en Côte-d'Ivoire; il faut y mettre davantage d'engrais et la lutte contre la maladie du Wilt y est plus onéreuse.

IV. 5. — ÉVOLUTION DES COURS DES PRINCIPAUX PRODUITS

Les cours de *l'ananas frais* sur les marchés locaux sont susceptibles de connaître des variations considérables en cours d'année ; en floraison non contrôlée, les pointes de production se situent 5 à 7 mois après le solstice d'hiver, soit en juin-juillet (cf. I. 4.1.1.3) dans l'hémisphère nord et décembre-janvier dans l'hémisphère sud. Si la demande ne s'accroît pas pendant ces périodes on peut assister à un effondrement des cours. La présence de conserveries permet d'absorber partiellement ces pointes de production et, dans une certaine mesure, comme dans le cas de toute production saisonnière, contribue à régulariser le marché... Mais c'est surtout par le contrôle artificiel de la floraison que l'on parvient à faire correspondre l'offre à la demande.

Dans le cas d'*exportations en frais*, cette adéquation est une nécessité vitale.

Pendant longtemps, l'approvisionnement du marché ouest-européen était sous-alimenté pendant la période de plus forte demande, qui se situe en décembre, et également à un moindre degré pendant la seconde « pointe de demande » qui se situe au début du printemps (mars-avril), juste avant l'arrivée des premières productions de fruits des grands pays importateurs (fruits rouges : cerises, fraises, ...). Les cours connaissaient alors des sommets très élevés, tout particulièrement en fin décembre. Avec l'amélioration des techniques culturales et du contrôle de la floraison, on parvint, dans les pays fournisseurs (essentiellement la Côte-d'Ivoire), à ajuster, chaque année de façon plus précise, la production à la demande, ce qui eut pour effet d'atténuer progressivement les variations en cours d'année, comme le montre le tableau 76 qui présente celles de l'année 1980.

Certaines années cependant, on peut constater une envolée des cours en fin de campagne avril-mai. Elle correspond à un retard dans l'approvisionnement des marchés locaux en fruits rouges (fraises, cerises) lié à la climatologie locale et à une baisse de l'approvisionnement en ananas, liée le plus souvent à des restrictions à l'exportation, consécutives à une chute de qualité.

TABLEAU 76

**Ananas frais cours « wagon-départ » à l'importation en France
en provenance de Côte-d'Ivoire
(en F/kg)**

<u>1980</u>	<u>N° Quinzaine</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
Janvier	1	3,20	3,60	3,30	2,90
	2	3,30	3,70	3,40	3,30
Février	1	3,30	3,70	3,40	3,00
	2	3,20	3,60	3,40	3,00
Mars	1	3,20	3,60	3,40	3,00
	2	3,80	4,10	3,80	3,50
Avril	1	3,00	3,40	3,20	3,00
	2	2,80	3,00	3,00	2,80
		3,00	3,40	3,20	3,00
Mai	1	3,00	2,90	2,60	2,30
		2,80	2,80	2,50	
	2	2,90	3,10	2,65	2,35
		3,10	3,30	2,80	2,50
Juin	1	3,20	3,40	3,00	2,60
	2	3,60	3,75	3,40	-
		3,70	3,85	3,60	
Juillet	1	3,70	3,85	3,60	3,40
	2	3,70	3,85	3,60	3,40
Août	1	3,70	3,85	3,60	3,40
	2	3,70	3,85	3,60	3,40
Septembre	1	3,75	3,85	3,60	3,40
	2	3,25	3,35	3,20	2,80
Octobre	1	3,50	3,60	3,40	3,00
	2	3,70	3,80	3,60	3,20
Novembre	1	3,40	3,660	3,40	3,20
	2	3,40	3,60	3,40	3,20
Décembre	1	4,20	4,40	4,10	3,60
	2	4,50	4,70	4,40	3,60

Dans le cas des *conserves d'ananas*, le stockage ne posant pas de problèmes techniques majeurs, la concurrence est beaucoup plus vive et se situe au niveau mondial ; les cours connaissent en conséquence moins de variations à court terme, de type saisonnier ; mais les variations à relativement long terme peuvent cependant être importantes. Elles sont dues, d'une part aux caractéristiques propres

de la culture, qui se fait sur cycle relativement long, et, d'autre part, au fait que la grande majorité de la production mondiale est entre les mains d'un nombre très limité de groupes financiers ; l'offre en conséquence manque d'élasticité. La très importante « poussée » de la production thaïlandaise à la fin des années 1970, dans un marché mondial alourdi par le renchérissement du coût de l'énergie avec ses conséquences sur le pouvoir d'achat des consommateurs, a entraîné une détérioration progressive des cours. Le redressement de ceux-ci n'a pu être obtenu que par une réduction plus ou moins volontaire de la production.



IN FINE

OUVERTURE SUR DES LENDEMAINS...

Très tôt l'homme a su utiliser l'ananas pour diversifier son alimentation, aider à se soigner, voire s'habiller...

De taille réduite la plante s'est insérée aisément dans les « jardins créoles » familiaux. Pour accroître la production dans le but de satisfaire une demande croissante, on a eu tendance à la sortir du système de culture adapté à l'unité familiale, pour en faire des cultures pures en rotation avec d'autres cultures au sein d'une même unité de production.

A partir de la fin du siècle dernier l'ananas est devenu un produit d'exportation contribuant ainsi, par là, à l'équilibre des échanges commerciaux, et progressivement on en est venu à considérer la culture de l'ananas comme une culture industrielle réalisée sur de grandes surfaces en faisant appel à la mécanisation. Le caractère intensif de la culture en vastes blocs homogènes s'imposa alors de lui-même.

Dans de tels systèmes de culture l'ananas nécessite des quantités importantes d'intrants originaires des pays industrialisés ce qui accroît la dépendance des pays producteurs envers ces derniers et peut poser de sérieux problèmes sur le plan monétaire quand, en particulier, le pays producteur ne dispose pas d'une monnaie convertible.

L'ananas est pourtant considéré comme une *plante rustique*, elle l'est effectivement dans le sens qu'elle est capable de survivre dans des conditions qui lui sont peu favorables. En particulier en cas de déficit hydrique prolongé son activité se ralentit du fait des mécanismes de son métabolisme carboné, économise de l'eau en restreignant les périodes d'ouverture de ses stomates et est capable, si besoin est, de vivre en partie sur les réserves contenues dans ses feuilles.

On peut, par ailleurs, la cultiver sur des sols très pauvres en éléments fertilisants mais si on veut que la plante *exprime le maximum de ses potentialités* il est indispensable qu'elle ait à sa disposition tout ce dont elle a besoin pour avoir une forte activité physio-

logique et qu'elle soit protégée de la concurrence d'adventices et des parasites du système racinaire comme de l'appareil aérien.

Pour que le fruit soit de qualité, on doit également intervenir pour limiter des déviations défavorables.

Face à ces tendances apparemment contradictoires on se doit de mettre en œuvre des techniques plus efficaces : économes en intrants pour un résultat final identique. Elles peuvent aller de la mise au point de nouveaux systèmes de culture à la création de matériel végétal plus rustique, en passant par l'avertissement et la lutte intégrée dans le domaine de la défense des cultures. Toutes choses qui demandent de très importants efforts dans le domaine de la Recherche.

La très grande flexibilité de la plante et les possibilités qu'elle offre la maîtrise du cycle par le contrôle de la floraison, rendent possibles d'audacieuses innovations. En consacrant la plus grande partie de l'ouvrage à l'étude de la plante, de son fonctionnement et de ses rapports avec le milieu, pris au sens le plus large, on a cherché à les préparer.

BIBLIOGRAPHIE

- ABELES F. A. E., 1924. — Physiological studies of the pineapple plant. — M. S. Thesis, Univ. Hawaii.
- ABELES F. B., 1973. — Ethylene in plant biology - Academic Press New York and London, 302 p.
- ABRAMOF L., 1979. — Efeitos do ácido 2-chloroetilfosfónico NA. Maturação do fruto do abacaxizeiro *Ananas comosus* (L.) Merr. - Piracicaba, São Paulo.
- ABUTIATE W. S., 1977. — The effects of concentration and periods of day of application of calcium carbide on the flower induction of *Ananas comosus* (L.) Merr. cultivar Smooth Cayenne in Ghana. *Acta Horticulturae*, nº 53, 273-278.
- ABUTIATE W. S. et EYESON K. K., 1973. — The response of pineapple var. Smooth Cayenne to nitrogen, phosphorus and potassium in the forest zone of Ghana. *Ghana J. Agric. Sci.*, 6 (3), 155-159.
- ADAMS H. C., 1935. — *Nat. Geogr. Mag.*, 67, 35.
- AGUILAR J. A. E. et SANCHES N. F., 1982. — Disseminação de *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* do abacaxizeiro pela *Trigona spinipes* (Fabr. 1973) (Hymenoptera : Apidae) - *Com. Tecnico*, Nº 2, EMBRAPA.
- AKAMINE E. K., 1963. — Fresh pineapple storage. *Hawaii Farm Sci.*, 12 (1).
- AKAMINE E. K. et GOO T., 1971. — Controlled atmosphere storage of fresh pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. - Smooth Cayenne). — Research Bulletin 152, Hawaii Agricultural Experiment Station University of Hawaii.
- AKAMINE E. K., GOO T. et al., 1975. — Control of endogenous brown spot of fresh pineapple in postharvest handling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 100 (1), 60-65.
- ALDRIGO G. L., 1966. — Pineapple nutrition - in Nutrition of fruit crops - Ed. Childrens, 611-650.
- ALDRICH W. W. et NAKASONE H. Y., 1975. — Day versus night application of calcium carbide for flower induction in pineapple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 100 (4), 410-413.
- ALIAN A. et MUSENGUE H. M., 1977. — Effect of fermentation and aging on some flavouring components in tropical fruit wines. *Pambia J. of Sci. Technol.*, 2 (1).
- ALLEN D. J. et NANDRA S. S., 1975. — Effect of pH and Calcium concentration on the sporulation of *Phytophthora* isolates from agave. *Plt. Dis. Repr.*, 59, 555-558.
- ALLEN R. N., PEGG K. G., FORSBERG L. I. et FIRTH D. J., 1980. — Fungicid control in pineapple and avocado of diseases caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 20, 119-124.
- ANDERSON E. J., 1951. — A simple method for detecting the presence of *P. cinnamomi* in soil. *Phytopathology*, 41, 187-188.
- ANDERSON E. J., 1966. — 1-3-dichloropropene 1-2-dichloropropane mixture found active against *Pythium arrhenomanes* in field soil. *Down Earth*, 22 (3).
- Anonyme, 1948. — Dried pineapple. E.H.G.S., *Bull. Impr. Int.*, 46 (2-4), 235-237.
- Anonyme, 1970. — Variedades de Abacaxi. Características distintivas. Suplemento Agrícola do Jornal. *O Estado do S. Paulo*, nº 767.
- Anonyme, 1971. — The Queensland Cayenne. *Queensland Fr. Veget. News*, 39 (11).
- Anonyme, 1973. — Ethrel as a ripener. *Queensland Fr. Veget. News*.
- Anonyme, 1974. — The effect of four different methods of applying urea or ammonium sulphate on the yield of Smooth Cayenne pineapples. *Inf. Bull. Citrus and Sustrop. Fruit Res. Inst.*, 21 (7).

- Anonyme, 1975. — The pineapple. Queensland Department of Primary Industries. Australie, p. 34.
- Anonyme, 1977. — The Philippines recommends for pineapple. The Philippine Council for Agriculture and Resources Research, 66 p.
- Anonyme, 1977. — Archives exhibition. The Pineapple Industry of the Bahamas. The Art Gallery. Zumbey Village.
- Anonyme, 1977. — Potassium Fertilization of Cayenne pineapples simplify and save. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.*, 56, 14-15.
- Anonyme, 1980. — Sunburnt pineapples, a heat and rain problem. *Queensland Fr. Veget. News*, 51 (25), 896-897.
- Anonyme, 1981 a. — Culture et systèmes de culture en zone semi-aride de l'Afrique de l'Ouest. Division des Projets Agricoles III. Bureau régional d'Afrique de l'Ouest. Banque Mondiale. Washington D.C. (USA).
- Anonyme, 1981 b. — L'humectation sélective. *Phytoma*, Défense des Cultures (331), 36.
- Anonyme, 1982. — La culture de l'ananas d'exportation en Côte-d'Ivoire. Manuel du Planteur (*A paraître*).
- Anonyme, 1982. — Fresh and canned pineapple situation in major producing countries. Foreign Agriculture Circular. U.S. Dept of Agriculture, Foreign Agricultural Service, Washington D.C. (USA).
- APTE S. S., 1969. — Control of flowering in pineapple variety Smooth Cayenne in Ghana. *Ghana J. Agric. Sci.*, 2, p. 48.
- ARRUDA G. P. de et FLETCHMANN C. H. W., 1967. — Murcha de abacaxizeiro causada por acaros. *Rev. Agric. Piracicaba* (42), p. 172.
- ASGHAR M., KANEHIRO Y., 1980. — Effects of sugar cane trash and pineapple residue on soil pH, redox potential, extractable Al, Fe and Mn. *Tropic Agric.*, 53 (3), 245-258.
- AUBERT B., 1970. — Étude de la résistance à la diffusion gazeuse au niveau de l'épiderme foliaire du bananier (*Musa acuminata* Colla cv. *sinensis*) et de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en conditions naturelles. *Fruits*, 25, 495-507.
- AUBERT B., 1971. — Effet de la radiation globale sur la synthèse d'acides organiques et la régulation stomatique des plantes succulentes. Exemple d'*Ananas comosus* (L.) Merr. - *Oecol. Plant.*, 6, 25-34.
- AUBERT B., 1973. — Écologie de l'ananas. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 155.
- AUBERT B., 1977. — Étude du cycle de floraison naturelle de l'ananas 'Victoria' à la Réunion. *Fruits*, 32 (1), 25-41.
- AUBERT B., 1980. — Rapport de mission en Afrique du Sud. Document IRFA non publié.
- AUBERT B. et BARTHOLOMEW D. P. M., 1973. — Mesures en champ de la température de limbes d'ananas par radiométrie infrarouge. *Fruits*, 28, 623-629.
- AUBERT B. et de PARCEVEAUX S., 1969. — Résistance à la diffusion gazeuse au niveau de l'épiderme foliaire de quelques plantes fruitières tropicales et subtropicales. *Fruits*, 24 (4), 177-190.
- AUBERT B., GAILLARD J. P., PY C., LOSOIS P., MARCHAL J., 1973. — Influence de l'altitude sur le comportement de l'ananas « Cayenne Lisse ». Essais réalisés au pied du Mont Cameroun. *Fruits*, 28 (3), 203-214.
- AUDINAY A., 1970. — Essai de contrôle artificiel de la maturation de l'ananas par l'éthrel. *Fruits*, 25 (10), 695-708.
- AYALA A., 1961. — An analysis of quantitative and qualitative composition of nematodes populations in pineapple fields in Puerto-Rico. *J. of Agric. Univ. Puerto Rico*, 45, 285-299.
- AYALA A. et al., 1967. — Pangola grass as rotation crop for pineapple nematode control. *J. of Agric. Univ. Puerto Rico*, 51, 94-96.
- AYALA A. et al., 1969. — Pineapple nematodes and control. In : Nematodes of tropical crops ; Ed. J. E. Peachy, Commonwealth Agr. Bureau, 210-224.
- BAKER K. F. et COLLINS J. L., 1939. — Notes on the distribution and ecology of *Ananas* and *Pseudananas* in South America. *Amer. J. Bot.*, 26, 697-702.
- BARNES H., 1944. — Pineapple growing in Queensland. *Queensland Agric. J.*, 59, 207-213.

- BARTHOLOMEW D. P., 1975. — Use of diffusion porometer on xerophytic plants. *Wash. Agric. Exp. Stu. Bull.*, 809, 26-28.
- BARTHOLOMEW D. P., 1977. — Inflorescence development of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) induced to flower with ethephon. *Bot. Gaz.*, 138 (3), 312-320.
- BARTHOLOMEW D. P., 1979. — Communication personnelle.
- BARTHOLOMEW D. P. et KADZIMIN S. B., 1977. — Pineapple in ecophysiology of tropical crops. *Academic Press Inc.* New York, San Francisco, London, 153-156.
- BERADSLLEY J. W., 1959. — On the taxonomy of pineapple mealybug in Hawaii with description of a previous unnamed species (Homoptera - Pseudococcidae). *Proc. Hawaiian Entomo. Soc.*, XVII (1), 29-37.
- BEARDSLEY J. W., 1965. — Notes on the pineapple mealy bug complex with description of two new species (Homoptera : Pseudococcus). *Proc. Hawaiian Entomo. Soc.*, XIX (1), 55- .
- BENZING D. H., 1976. — Bromeliad trichomes : structure, function and ecological significance. *Selbyana*, 330-348.
- BERGE J. B. et CUANY A., 1978. — Relation entre le pouvoir paralysant et l'activité anticholines terasique de l'Aldicarbe et de ses métabolites sur deux modèles de nématocides. *Doc. INFRA*, 14 p.
- BERGE J. B., CUANY A. et BRIDE J. M., 1980. — Mode d'action des nématocides : exemple du bromure de méthyle et de l'Aldicarbe. *Bull. Soc. Franç. Phytriartrie et Phytopharmacie*.
- BERINGER H., 1978. — Le potassium, ses fonctions dans le métabolisme de la plante et son action sur le rendement. *Colloque Potassium in soils and crops, New Delhi*.
- BERRILL F. W., 1964. — New chemical for flower induction in pineapples. *Queensland Fr. Veget. News*, 26 (23), 545-546.
- BERTONI M. S., 1919. — Contribution à l'étude botanique du genre *Ananas*. *Ann. Cient. Paraguay, Série 2, n° 4*, 250-322.
- BHOWMIK G., 1977. — Meiosis in two varieties of pineapple. *The Indian J. of Genetics and Plant Breeding*, 37 (1).
- BHOWMIK G. et BHAGABAT A., 1975. — Self incompatibility studies in pineapple (*Ananas comosus* L.). *Indian Agric.*, 19, 259-265.
- BISHOP E. J. B., NELL J. A. G., 1974. — Continuous stall feeding of pineapple silage as the only source of roughage to dairy cattle. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 4, 117-119.
- BLACK C. C., 1973. — Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO₂ uptake. *Ann. Ref. Plant. Physiol.*, 24, 254-286.
- BLACK C. C., PAGE P. D., 1962-1969. — Pineapple growth and nutrition over a plant crop cycle in south-eastern Queensland. 1. Root development and general growth features. *Queensland J. of Agric. and Animal Sic.*, 19, 435-451. - 2. Uptake and concentrations of N.P.K. *Queensland J. of Agric. and Animal Sic.* 26, 385-405.
- BOCCAS B. et LAVILLE E., 1978. — Les maladies à *Phytophthora* des agrumes. *IRFA, SETCO*, 162 p.
- BOHER B., 1974. — La pourriture du cœur de l'ananas ; étude histologique de l'infection par *P. palmivora*. I. Pénétration active du parasite dans les organes aériens. *Fruits*, 29 (11), 721-726.
- BOHER B., 1976. — La pourriture du cœur de l'ananas ; étude histologique de l'infection par *P. palmivora*. II. Pénétration dans les organes souterrains. *Fruits*, 31 (6), 365-371.
- BOIFFIN J., 1976. — Histoire hydrique et stabilité structurale de la terre. *Annales agronomiques*, 27 (4), 447-463.
- BOLKAN H. A., DIANESE J. C. et CUPERTINO F. P., 1978. — Chemical control of pineapple fruit rot caused by *F. moniliforme* var. *subglutinans*. *Plt. Dis. Repr.*, 62 (9), 822-824.
- BOLKAN H. A., DIANESE J. C. et CUPERTINO F. P., 1979. — Pineapple flowers principal infection sites for *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. *Plt. Dis. Repr.*, 63 (8), 655-657.
- BONZON B., 1969. — Observations préliminaires sur la croissance et le développement racinaire d'*Ananas comosus* (L.) Merr var. Cayenne Lisse. *J. West African Sci. Ass.*, 14 (1-2), 73-78.

- BORJON PORCA L., 1967. — Nuevo metodo de propagacion della piña. *El agricultor mexico*, p. 26.
- BOUFFIN J., 1979. — Rentabilité de la culture d'ananas frais d'exportation. Document IRFA non publié.
- BOUFFIN J., 1982. — Communication personnelle.
- BOWDEN R. P., 1969. — Effects of α -naphthalene acetic acid on the processing quality of pineapples. *Food Technol. Aust.* (21), 454-457.
- BOWERS F. A. I., 1929. — The root system of pineapple plants. *Exp. Sta. P.P.C.A. Univ. Hawaii*, n° 13.
- BREWBAKER J. et GORREZ D., 1967. — Genetics of self incompatibility in the monocot, genera *Ananas* (Pineapple) and *Gasteria*. *Amer. J. Bot.*, 54 (5), 611-616.
- BRULFERT J., ARRABACA M. C., GUERRIER D., QUEIROZ O., 1979. — Changes in the isozymic pattern of phosphoenolpyruvate. An early step in photoperiodic control of crassulacean acid metabolism level. *Planta*, 146 (2), 129-133.
- BUDDENHAGEN I. W. et DULL G. G., 1967. — Pink disease of pineapple fruit caused by strains of acetic acid bacteria. *Phytopathology*, 57, 806.
- BUNT J. A., 1975. — Effect and mode of action of some systemic nematicides H. Veenman & Zonen B. V. Ed. Wageningen, 128 p.
- BURG S. P. et BURG E. A., 1966. — Auxine induced ethylene formation: its relation to flowering in pineapple. *Science*, 152, 169.
- BURG S. P. et BURG E. A., 1962. — Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.*, 37 (2), 179-189.
- CABOT C., 1979. — Synthèse génétique. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 135.
- CAMARGO F. C., 1943. — Vida e utilidade das Bromeliaceas - Instituto Agronomico do Norte. *Boletim Tecnico* (1), 31 p.
- CAMARGO F. C. et SMITH L. B., 1968. — A new species of *Ananas* from Venezuela. *Phytologia*, 16 (6), 464-465.
- CAMERON H. R., 1962. — Effect of hydrogen ion concentration on growth rate of *Phytophthora* spp. *Phytopathology*, 52, 727.
- CANNON R., 1957 a. — Pineapple fertilizer investigations in south-eastern Queensland. *Queensland J. Agric. Sci.*, 14, 93-110.
- CANNON R., 1957 b. — Pineapples need plenty of potassium. *Queensland J. Agric. Sci.*, 83, 313-316.
- CARNAL H. W. et BLACK C. C., 1982. — Hexoses as a source of carbon for CAM-acidification and involvement of pyrophosphate dependent phosphofructokinase in glycolytic carbon turn over in pineapple. *Plant Physiol.*, 69 (4), 18.
- CARTER W., 1933. — A wilt of pineapple similar to mealy bug wilt but caused by drought. *Pineapple Quarterly*, III, 181-184.
- CARTER W., 1937. — The toxic dose of mealy bug wilt of pineapple. *Phytopathology*, 27 (10), 971-981.
- CARTER W., 1939. — Injuries to plant caused by insect toxins. *Botanical Review*, 5, 272-326.
- CARTER W., 1945. — Some etiological aspects of mealy bug wilt. *Phytopathology*, 35 (5), 305-315.
- CARTER W., 1948. — The effects of mealy bugs feeding on pineapple plants grown in finely atomized nutrient solutions. *Phytopathology*, 38 (8), 645-657.
- CARTER W., 1960. — A study of one mealy bug population (*Dysmicoccus brevipes*) in an ant free field. *J. Econ. Entomo.*, 53, 296-299.
- CARTER W., 1963. — Mealy bug wilt of pineapple : a reappraisal. *Annals of the New York Academy of Science*, 105, Ar. 13, 741-764.
- CARTER W. et GORTNER W. A., 1958. — The translocation of radioactive S 35 Bayer 19639 in pineapple plant. *J. Econ. Entomo.*, 51, 905-907.
- CARTER W., ITO K., 1956. — Study of the value of pineapple plants as sources of the mealy bug wilt factor. *Phytopathology*, 46, 601-605.
- CARVALHO V. A., CLEMENTE P. R., CHITARRA M. I. F. et CARVALHO J. G., 1981. — Estudo dos componentes químicos de frutos e parte vegetativa do abacaxizeiro (*A. comosus* L.) visando aproveitamento industrial. VI Congresso Brasileiro de Fruticultura. *Anais*, 1, 156-162.
- CAVAR D. F., 1981. — Communication personnelle.

- CAYROL J. C., 1971. — Rôle des nématodes dans l'équilibre biologique des sols. Influence des traitements nématicides. Les nématodes des cultures, *ACTA Paris*, 67-123.
- CHALFOUN S. M. et CARVALHO de V. D., 1982. — Alterações físicas, químicas et físico químicas em frutos de abacaxi c.v. Smooth Cayenne por incidencia de fusariose. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 17 (7), 1031-1033.
- CHAN K. C., 1965. — Studies on the relationship between ant control and occurrence of pineapple mealy bug wilt disease. *Repr. Taiwan Sugar Expt. Sta.*, (37), 117-130.
- CHAN H. T. Jr, CHENCHIN E., VONNAHME P., 1973. — Nonvolatile acids in pineapple juice. *J. Agric. Food. Chem.*, 21 (2), 208-211.
- CHANDLER W. H., 1958. — Evergreen orchards. Ed. London : Henry Kempton.
- CHAVES G. M., CHOIRY S. A., 1979. — Communications personnelles.
- CHEE K. H. et NEWHOOK F. J., 1965. — Variability in *Phytophthora cinnamomi* - *N. Z. J. Agric. Res.*, 8, 96-103.
- CHEN D. W. et ZENTMYER G. A., 1970. — Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* in axenic culture. *Mycologia*, 62 (2), 397-402.
- CHEN MAO-CHIANG, CHEN C. Po, CHUNG P. O., 1972. — The nutritive value of pineapple by-products for ruminants. *J. Agric. Ass. of China*, 79, 22-26.
- CHEW W. Y. et MALEK M. A. A., 1978. — Influence of BOH on pineapple cv Mauritius grown in Malaysian peat. *Experimental Agriculture*, 14 (2), 157-159.
- CHO J. J., HAYWARD A. C. et ROHRBACH K. G., 1980. — Nutritional requirements and biochemical activities of pineapple pink disease bacterial strains from Hawaii. *Antonie van Leeuwenhoek*, 46, 191-204.
- CHO J. J., ROHRBACH K. G. et APT W. J., 1977. — Induction and chemical control of rot caused by *Ceratocystis paradoxa* on pineapples. *Phytopathology*, 67, 700-703.
- CHO J. J., ROHRBACH K. C., HAYWARD A. C., 1978. — An *Erwinia herbicola* strain causing pink disease of pineapple. *Proc. 4th. Conf. Plant. Path. Bact. Angers*, 433-441.
- CHON-TON-PHAN, 1971. — L'éthylène. Métabolisme et activité métabolique. Masson et C^e, éd., Paris, 130 p.
- CIBES H., SAMUELS G., 1958. — Mineral deficiency symptoms displays by Red Spanish pineapple plant grown under controlled conditions. *Univ. Puerto-Rico. Agric. Exp. Sta. Techn. paper*, n° 25, 1-32.
- CIBES H., SAMUELS G., 1961. — Mineral deficiency symptoms displayed by Smooth Cayenne pineapple plant grown under controlled conditions. *Univ. Puerto-Rico. Agric. Exp. Sta. Techn. paper*, n° 31, 1-30.
- CLARK H. E. et KERNS K. R., 1942. — Control of flowering with phytohormones. *Science*, 95, 536-537.
- CLARK H. E. et KERNS K. R., 1943. — Effects of growth regulating substances on a parthenocarpic fruit. *Bot. Gaz.*, 104, 639-644.
- COCKBURN W., TING I. P. et STERNBERG L. O., 1979. — Relationships between stomatal behaviour and internal carbon dioxide concentration in crassulacean acid metabolism plant. *Plant Physiol.*, 63, 1029-1032.
- COEY R. G. et GLENNIE J. D., 1979. — Establishing a pineapple plantation. *Horticulture Branch Advisory - Leaflet H 51*, Australie.
- COLLINS J. L., 1930. — Characteristics of pineapple varieties. I. Cayenne. *Pineapple News*, 4, 139-141.
- COLLINS J. L., 1935. — Further notes on gas treatment of plants to induce flowering and the possibility of preventing hold over plants by an adaptation of this method. *Pineapple News*, 9 (4), 78-79.
- COLLINS J. L., 1948. — Pineapples in ancient America. *The Scientific Monthly*, 67 (5), 372-377.
- COLLINS J. L., 1960. — The pineapple, botany, cultivation and utilization. Leonard Hill Ltd London, 294 p.
- COLLINS J. L. et HAGAN H. R., 1932. — Nematode resistance of pineapple to the nematode *Heterodera radicola*. *J. of Heredity*, 23, 459-465 et 503-511.
- COLLINS J. L., KERNS K. R., 1938. — Mutations in pineapples. A study of thirty inherited abnormalities in the 'Cayenne' variety. *J. of Heredity*, 29, 169-173.

- COMBRES J. C., 1976. — Irrigation de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 24.
- COMBRES J. C., 1978. — Test rejet feuilles coupées, Yamoussoukro. Document IRFA non publié.
- COMBRES J. C., 1979 a. — Ananas et métabolisme crassulacéen. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 59.
- COMBRES J. C., 1979 b. — Contribution à l'étude de l'action du climat sur les principales composantes de la production. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 60.
- COMBRES J. C., 1979 c. — Adaptation de l'ananas à la sécheresse. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 56.
- COMBRES J. C., 1979 d. — Plantations mensuelles. Écart TIF. — Récolte. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 97.
- COMBRES J. C., 1979 e. — Économie d'eau ou irrigation intensive. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 57.
- COMBRES J. C., 1979 f. — Techniques d'irrigation envisageables en culture d'ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 52.
- COMBRES J. C., 1979. — Communication personnelle.
- COMBRES J. C., 1980. — Essai ETM-AN.CI.EXT. 528. *Doc. interne IRFA*.
- COMBRES J. C., 1981. — Documents non publiés.
- COMBRES J. C., 1982. — Synthèse et irrigation ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 12.
- COMBRES J. C. et PERRIER A., 1976. — Bilan énergétique et hydrique de l'ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 66.
- COMPAAN J. P. et BISHOP E. J. B., 1968. — Pineapple fruit waste as silage. *F.S. Af.*, 44 (1), 28-29.
- CONNELLY P. R., 1969. — The relative response of pineapple plant *Ananas comosus* (L.) Merr. under varying nitrogen rates and carriers and different levels of light intensity. *M.S. Thesis*. Library. Univ. Hawaii, Honolulu.
- CONWAY M. J. et BARTHOLOMEW D. P., 1982. — Effects of plant age and night temperature on the susceptibility of pineapple to floral induction with ethephon. Department of Agronomy and Soil Science. Univ. of Hawaii, Honolulu (Hawaii, USA 96822).
- COOKE A. R. et RANDALL D. I., 1968. — 2-haloethanephosphonic acid as ethylene releasing agents for the induction of flowering in pineapples. *Nature* 218, 974-975.
- COOPER W. C. et REESE P. C., 1941. — Induced flowering of pineapples under Florida conditions. *Proc. Flo. State Hort. Soc.*, 54, 132.
- CREWS C. E., VINES H. M. et BLACK C. C., 1975. — Post illumination burst of carbon dioxide in crassulacean acid metabolism plants. *Plant Physiol.*, 55, 652-657.
- CRILEY R. A., 1977. — Aids to root and shoot promotion. *Hawaii Agricultural Experiments Station*. Publication n° 130.
- CROCHON M., TISSEAU R., TEISSON C., HUET R., 1981. — Effet d'une application d'éthrel avant la récolte sur la qualité gustative des ananas de Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 36 (7-8), 409-415.
- CRUESS W. V., 1961 a. — The pineapple industry of Hawaii. I. Canning hawaiian pineapple. *Food manuf.*, 421-427.
- CRUESS W. V., 1961 b. — The pineapple industry of Hawaii. II. Processing of pineapple. *Food manuf.*, 421-427.
- CRUESS W. V., 1961 a. — The pineapple industry of Hawaii. I. Canning hawaiian pineapple. *Food manuf.*, 421-427.
- CRUESS W. V., 1961 b. — The pineapple industry of Hawaii. II. Processing of pineapple juice. *Food manuf.*, 469-474.
- CUANY A. et RITTER M., 1979. — Généralités sur l'utilisation des nématicides. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*.
- CUNHA G. A. P. DA, 1973. — A cultura do abacaxi na Bahia Cruz das Almas. *Ipeal*, 19 p.
- CUNHA D. A. P. DA, 1980. — Efeitos de Fitorreguladores na abertura de flores e aspectos qualitativos et quantitativos da abacaxizeiro Perola. *Peq. Agropec. Bras.*, Brasília, 15 (4), 423-429.

- DALEY L. S. et RAY T. B., VINES H. M. et BLACK C. C., 1977. — Characterization of Phosphoenolpyruvate Carboxykinase from pineapples leaves. *Ananas comosus* (L.) Merr. — *Plant Physiol.*, 59, 618-622.
- DALLDORF E. R., 1974. — Removal of tops from Cayenne fruit. A false belief ? *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.* (25), 15-16.
- DALLDORF E. R., 1975 a. — Plant selection of the Cayenne pineapple. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal*, 507 p.
- DALLDORF D. B., 1975 b. — Spruitvorming Bij Cayenne. Pynappels word deur Kaliumbemesting bevorder. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.*, 33 (3).
- DALLDORF E. R., 1975 c. — Removal of tops from Cayenne pineapple fruit. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal*, 9-10.
- DALLDORF E. R., 1977. — Selection and preparation of pineapple planting material. *Farming in South Africa*. Pineapple, Ser. D 3.
- DALLDORF E. R., 1978 a. — Pineapple cultivars in South Africa. Pineapple Ser. C 1. *Farming in South Africa*.
- DALLDORF D. B., 1978 b. — The effect of chlorophenoxypropionamide (Fruitone CPA) on the fruit of the Smooth Cayenne pineapple. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal* (534), 17-18.
- DALLDORF E. R., 1978. — Spacing and planting time for pineapple. *Farming in South Africa*. Pineapple Ser. D 14.
- DALLDORF E. R., 1979. — Pineapple silage. Technical paper J. 2. *Farming in South Africa*.
- DALLDORF D. B. et LANGENEGGER W., 1976. — The influence of potassium on the yield fruit quality and plant growth of Smooth Cayenne pineapples. *Gewasproduksie crop production*, 5, 135-137.
- DALLDORF D. B., LANGENEGGER W., 1978. — Macroelement fertilization of Smooth Cayenne pineapples. *Farming in South Africa*. Pineapple Ser. E. 2.
- DALLDORF D. B., KEETCH D. P. et WEBSTER G., 1975. — Pineapples forecasting of harvesting time in the Eastern Cape. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.*, 39, 4-5.
- DAS N., 1964. — Studies on the action of NAA on the flowering and fruiting of pineapple. *Indian J. Agric. Sci.*, 34 (1), 38-45.
- DAS N., BARUAH S. N. et BARUAH A., 1965. — Induction of flowering and fruit formation of pineapples with the aid of acetylene and calcium carbide. *Indian Agriculturist*, 9, 15-23.
- DASS H. C., RANDHAWA G. S., NEGI S. P., 1975. — Flowering in pineapple as influenced by ethephon and its combinations with urea and calcium carbonate. *Scientia Horticulturae*, 3 (3), 231-238.
- DASS H. C., RANDHAWA C. S., SINGH H. P. et GANAPATHY K. M., 1976. — Effect of pH and urea on the efficacy of ethephon for induction of flowering in pineapple. *Scientia Horticulturae*, 5, 265-268.
- DASS H. C., REDDY B. M. C. et PRAKASH G. S., 1978. — Plant spacing studies with Kew pineapple. *Indian Institute of Horticultural Research*, Bangalore, 6 India.
- DERICKE J. L., 1974. — Induction florale par l'éthylène chez l'ananas. *Fruits*, 29 (6), 457-460.
- DEUSE J. et LAVABRE E. M., 1979. — Le désherbage des cultures sous les tropiques. *Techniques agricoles et productions tropicales*.
- DIANESE J. C., BOLKAN H. A. et COUTO F. A. A., 1981. — Epiphytic population of *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* pathogenic on pineapple in Brasil. Universidade de Brasilia. EPAMIG Uberlandia. Bresil. *Phytopathology*, 71, 2.
- DIAZ ALVAREZ J. A., PEREZ GARCIA G., HERRERA ISLA L., 1980. — Control de la pudricion del corazon de la piña bajo las condiciones de Cuba. *Centro Agrícola*, 7 (2), 89-96.
- DICKSON B. T., ANGELL H. R. et SIMMONDS J. H., 1931. — The control of soft rot (Water blister) of pineapples caused by *Thielaviopsis paradoxa*. *Aust. Counc. Sci. Ind. Res. J.*, 4, 152-161.
- DIDUNG J. C. M., 1973. — Rooting behaviour of different types of pineapple propagating material. *Acta Horticulturae* (33), 155-160.
- DIEUDONNÉ G., 1977. — Les dérivés hydroxycinnamiques de l'*Ananas comosus*, variété Cayenne Lisse, et leurs relations avec le brunissement interne. Thèse Docteur Ingénieur Paris VI.

- DODSON P. G. C., 1968. — Effects of spacing nitrogen and hormone treatment on pineapple in Swaziland. *Exp. Agric.*, 14, 103-115.
- DUCREUX A., GODEFROY J., LACOEUILHE J. J., MARCHAL J., 1980. — Quelques problèmes de travail du sol dans les plantations d'ananas à la Martinique. *Fruits*, 35 (10), 595-604.
- DULL C. G., 1971. — The pineapple general in the biochemistry of fruits and their products. A. C. Hulme Ed. Press. New York, London, 11, 303-324.
- DULL G. C., YOUNG R. E., BIALE J. B., 1967. — Respiratory patterns in fruit of pineapple *Ananas comosus*, detached at different stages of development. *Physiol. Plant*, 20, 1059-1065.
- DUMAS J. C., 1979. — Fabrication d'alcool à partir de jus de presse de déchets de conserverie d'ananas. Document *IRFA* non publié.
- DUPAIGNE P., 1966. — Communication personnelle.
- DUPAIGNE P., 1967. — Note sur la préparation des sorbets d'ananas en forme de tranches de conserves. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 49.
- DUPAIGNE P., 1975. — Effets biochimiques des bromélines, leur utilisation en thérapeutique. *Fruits*, 30 (9).
- DUTHION C., MINGEAU M., 1970. — Les réactions des plantes aux excès d'eau et leurs conséquences. *Annales agronomiques*, 27 (2), 221-246.
- EKERN P. C., 1965. — Evapotranspiration of pineapple in Hawaii. *Plant Physiol.*, 40, 736-739.
- EKERN P. C., 1967. — Soil moisture and soil temperature with the use of black vapor barrier mulch and their influence on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) growth in Hawaii. *Soil Science Society of America Proceedings*, 31 (2), 270-275.
- ELDER V. A., WHITNEY A. S., KOCH B. L., NISHIMOTO R. K. et GREEN R. E., 1981. — Dissipation of phytotoxic diuron residues in Hawaii pineapple soils. *Hawaii Inst. of Trop. Agric. and Human Resources*, Univ. of Hawaii, Research Serie 006.
- EL-SWAIFY S. A., 1970. — The stability of saturated soil aggregates in certain tropical soils as affected by solution composition. *Soil Science*, 109 (3), 197-202.
- ENGLERTH E. J. (Jr.), 1969. — Nitrogen nutrition of the pineapple plant, *Ananas comosus* (L.) Merr., soil nitrogen status and dynamics of the reniform nematode population, *Rotylenchus reniformis* Linford et Oliveira, in relation to the form of nitrogen fertilizer, soil acidity and fumigation. - Ph. D. Thesis, Univ. of Hawaii, Honolulu.
- ESTANOVE P., 1980. — Fabrication de vinaigre d'ananas à partir de jus de presse de déchets de conserverie d'ananas. Document *IRFA* non publié.
- ESTANOVE P., 1982. — Utilisation de l'ananas. Document *IRFA* non publié.
- EVANS H. R., 1952. — Pineapple propagation. *East Afr. Agric. J.*, 17 (4), 179-182.
- FIATH R. A. et FORREY R. R., 1970. — Volatile components of Smooth Cayenne pineapple. *J. Agr. Food Chem.*, 18 (2), 306-309.
- FONSECA J. P., 1973. — A Lagarta do Abacaxi. *O Biológico, São Paulo*, 3 (1), 21-22.
- FOSTER N. B., 1953 a. — « Bromeliads ». Bromeliad Soc. Inc.
- FOSTER Z. C., 1953. — Cover crops, green manures and mulches in management and conservation of the soil. College of Agriculture, Univ. of Hawaii. *Agri-cultural Extension*, Circular, n° 337.
- FRIEND J. C., 1981. — Effect of night temperature on flowering and fruit size in pineapple (*Ananas comosus*). *Bot. Gaz.*, 142 (2), 188-190.
- FRIEND J. C. et LYDON J., 1978. — Effects of daylight on flowering, growth and CAM of pineapple (*A. comosus* (L.)). *Bot. Gaz.*, 140 (3), 280-283.
- FROSSARD P., 1964. — Influence de la température et de l'activité sur le développement en culture de *Thielaviopsis paradoxa*, parasite de l'ananas. *Fruits*, 19 (8), 461-463.
- FROSSARD P., 1967. — Lutte contre la pourriture du cœur des plants d'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 22 (11), 535-452.
- FROSSARD P., 1968. — Essais de désinfection des pédoncules d'ananas contre le *Thielaviopsis paradoxa*. *Fruits*, 23 (4), 207-215.

- FROSSARD P., 1970. — Désinfection des ananas contre *Thielaviopsis paradoxa*. *Fruits*, 25 (11), 785-791.
- FROSSARD P., 1976. — Étude de la pourriture du cœur à *Phytophthora* de l'ananas : calcium et traitements fongicides au champ. *Fruits*, 31 (10), 603-615.
- FROSSARD P., 1978. — Lutte contre la pourriture de l'ananas à *Thielaviopsis paradoxa*. *Fruits*, 33 (2), 91-99.
- FROSSARD P., 1978. — Lutte contre la pourriture du cœur à *Phytophthora* de l'ananas : fongicides classiques et fongicides nouveaux. *Fruits*, 33 (8), 183-191.
- FROSSARD P., 1979. — Quelques précisions sur la biologie et la physiologie du *P. nicotianae* var. *parasitica*, pathogène de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 118.
- GAILLARD J. P., 1969. — Influence de la date de plantation et du poids des rejets sur la croissance des ananas au Cameroun. *Fruits*, 24 (2), 75-87.
- GAILLARD J. P., 1970. — Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. *Fruits*, 25 (1), 11-24.
- GAILLARD J. P., 1971. — La lutte contre *Cyperus rotundus* en culture d'ananas. *Fruits*, 26 (11), 751-756.
- GAILLARD J. P., 1974. — Cycle de l'ananas en fonction de la position initiale du rejet. *Fruits*, 29, (1), 3-15.
- GAILLARD J. P. et HAURY A., 1974. — Toxicité et action dépressive de quelques herbicides à l'égard de l'ananas. Étude de l'action du bromacil. *Fruits*, 29 (11), 745-756.
- GALLO DOMINGO *et al.*, 1970. — Manual de entomologia. Pragas das plantas e seu controle. São Paulo, CERES, 858 p.
- GANAPATHY K. M., SINGH H. P., DASS H. C., 1977. — A note on phenotypic expression of some characters in Kew pineapple influenced by nutritional levels of plants. *Indian Journal of Horticulture*, 34 (2), 142-143.
- GANDIA DIAZ H. et SAMUELS G., 1958. — Cultivo y elaboracion de la piña en Puerto-Rico. *Estacion Exp. Agric. Univ. Puerto-Rico*.
- GANRY J., 1980. — Action de la température et du rayonnement d'origine solaire sur la vitesse de croissance des feuilles du bananier. Application à l'étude du rythme de développement de la plante et relation avec la productivité. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Paris VII.
- GARCIA ESPINOSA R. et ADAM A. V., 1972. — Major disease of pineapple in Oaxaca, Mexico and their control. *FAO Plant Prot. Bull.*, 20 (4), 79-87.
- GATTONI L. A., 1961. — Nuevo metodo de propagacion de la piña. *CEIBA*, 9 (1), 13-20.
- GAUDIN R., 1981. — Étude, à l'aide de radio-isotopes du phosphore, des liaisons racines-feuilles chez l'ananas. *Doc. ORSTOM*.
- GEOFFROY F., 1979. — Utilisation de l'ensilage de déchets d'ananas pour l'engraisement, 6 p. - Document interne INRA.
- GEOFFROY F., 1982. — Résultats non publiés.
- GEOFFROY F. et SAMINADIN G., 1978. — Conservation des sous-produits de traitement de l'ananas sous forme d'ensilage. *Nouv. Agron. Antilles-Guyane*, 4 (1), 11-18.
- GERLING D., BEN MORDECHAI Y., 1981. — Biological observations with *Zeteticontus* sp. (Hymenoptera : Encyrtidae) a parasite of *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera : Nitidulidae). *Proc. Hawaiian Entom. Soc.*, 23 (3), 351-354.
- GIACOMELLI E. J. et PY C., 1981. — O Abacaxi no Brazil. Ed. Fundação Cargill-Campinas-SP (Brésil), 8, 101 p.
- GIACOMELLI E. J. et PY C., 1981. — L'ananas au Brésil. *Fruits*, 36 (11), 645-687.
- GIACOMELLI E. J., ROESSING D., TEÓFILO J., 1969. — Incidencia de gomose nu ma coleção de Ananas e Pseudo-ananas. *Bragantia*, 28 (6).
- GIACOMETTI D. C., 1978. — 1° Encontro Nacional de Abacaxicultura : 31/01-03/02/78. Fiera de Santana. Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia, 25-37.
- GIACOMETTI D. C., 1980. — Communication personnelle.
- GIACOMETTI D. C., 1982. — Communication personnelle.
- GIFFORD E. M. J. R., 1969. — Initiation and early development of the inflorescence in pineapple (*A. comosus*, Smooth Cayenne) treated with acetylene. *Amer. J. Bot.*, 56, 892-897.

- GINSBURG L., 1953. — Cold storage tests to determine shipping temperatures for pineapples. *Farming in South Africa*, 28, 85-91.
- GLENNIE J. D., 1974. — Artificial flower induction. *Queensland Fr. Veget. News*, 5 (17).
- GLENNIE J. D., 1976. — Leaf analysis and leaf sampling. Pineapple Seminar Notes at Nambour, 32 p.
- GLENNIE J. D., 1977 a. — Identifying plant problems. *Horticulture Branch Advisory, leaflet H 34*, Queensland.
- GLENNIE J. D., 1977 b. — Pineapple nutrition. *Horticultural Branch Advisory, leaflet H 34*, Queensland.
- GLENNIE J. D., 1979 a. — The effect of temperature on flower induction of pineapples with ethrel. *The Pineapple Industry Farm Committee*, Beerwah 12 oct. 1979, 8-13.
- GLENNIE J. D., 1979 b. — Pineapple nutrition. AGDEX 232/542. *Horticultural Branch Advisory, leaflet*, Queensland.
- GLENNIE J. D., 1981 a. — Induction with ethrel. *The Pineapple Industry Farm Committee*, Beerwah, Australie.
- GLENNIE J. D., 1981 b. — Pineapple slip production using the morphactin Multi-prop applied after flower induction with different chemicals. *Aut. J. Exp. Agric. Anim.-HUSH* 21, 124-128.
- GLENNIE J. D., 1981 c. — « D » leaf mass measures plant growth. Marcochy Horticultural Research Station, Nambour. *The Pineapple Industry Farm Committee*. Pineapple Field day, sept. 1981.
- GLENNIE J. D., 1981. — Nitrogen application rates experiments. Marcochy Horticultural Research Station, Nambour. *The Pineapple Industry Farm Committee*. Pineapple Field day, sept. 1981.
- GODEFROY J., 1969. — Action des plantes améliorantes en culture d'ananas. Bilan pédologique. *Fruits*, 24 (7-8), 380-386.
- GODEFROY J., 1974. — Évolution de la matière organique du sol sous culture du bananier et de l'ananas. Relation avec la structure et la capacité d'échange cationique. Thèse Univ., Nancy, 166 p.
- GODEFROY J., 1975. — Évolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture d'ananas. Caractéristiques chimiques des sols de Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 30 (12), 749-756.
- GODEFROY J., 1979. — Composition de divers résidus organiques utilisés comme amendement organominéral. *Fruits*, 34 (10), 579-58.
- GODEFROY J., 1979. — Érosion et pertes par lixiviation ou ruissellement des éléments fertilisants sous culture d'ananas en fonction des techniques culturales. Essai AN. CI. ORS. 288-289-467. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 6.
- GODEFROY J., 1982. — Aperçu des travaux effectués sur les sols cultivés en ananas par le laboratoire d'agropédologie de l'IRFA. *Fruits*, à paraître.
- GODEFROY J., GAILLARD J. P., HAURY A., 1977. — Évolution des caractéristiques chimiques et structurales d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture d'ananas. *Fruits*, 32 (10), 591-597.
- GODEFROY J. et JACQUIN F., 1975. — Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales. Comparaison avec les sols forestiers. *Fruits*, 30 (10), 595-612.
- GODEFROY J. et LACOEUILHE J. J., 1979. — Évolution des éléments fertilisants du sol sous film de polyéthylène en culture d'ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 7.
- GODEFROY J., LACOEUILHE J. J., MARCHAL J., 1976. — Effets du chaulage sur la culture de l'ananas (var. Cayenne Lisse) dans un sol ferrallitique fortement désaturé. *Fruits*, 31 (10), 603-615.
- GODEFROY J., PY C. et TISSEAU M. A., 1971. — Action de la fumure phosphatée en culture d'ananas en Côte-d'Ivoire et en Guadeloupe. *Fruits*, 26 (3), 207-210.
- GODEFROY J., TISSEAU M. A., LOSOIS P., 1972. — Évolution des propriétés agrochimiques d'un sol ferrallitique de basse Côte-d'Ivoire sous culture d'ananas. Comparaison avec une jachère. *Fruits*, 29 (4), 255-267.
- GODEFROY J. et al., 1975. — Érosion et pertes par lixiviation ou ruissellement des éléments fertilisants sous culture d'ananas, en fonction des techniques culturales. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 6.

- GODFREY G. H., 1926. — Effect of temperature and moisture on nematode root-knot. *J. Agric. Res.*, 23, 207-259.
- GODFREY G. H., 1928. — Legumes as rotation and trap crop for nematode control in pineapple fields. *Association of Hawaiian Pineapple Cannery experimental Station. Bull.* n° 10, 21.
- GODFREY G. H., 1929. — Some simple facts about the root-knot nematodes. *Pineapples News*, 3, 43-44.
- GODFREY G. H., 1931. — The host plants of the « burrowing » nematode *Tylenchus similis*. *Phytopathology*, 21, 315-324.
- GODFREY G. H., 1936. — The pineapple root system as affected by the root-knot nematode. *Phytopathology*, 26 (5), 408-428.
- GODFREY G. H. et HAGAN H. B., 1934. — A study of the root-knot nematodes trap crop under field soil conditions. *Phytopathology*, 24, 648-658.
- GODFREY G. H. et HAGAN H. B., 1937. — Some measurement of detrimental effects of the root knot nematode on pineapple plant. *Phytopathology*, 27, 515-530.
- GODFREY G. H. et HOSHINO H., 1934. — The trap crop as a mean of reducing root-knot nematode infection. *Phytopathology*, 24, 635-647.
- GODFREY G. H. et OLIVIERA J., 1932. — The development of the root-knot nematode in relation to root tissues of pineapple and cowpea. *Phytopathology*, 22 (4), 325-348.
- GODO G., 1980 a. — Caractérisation partielle du développement et de la croissance du système racinaire de deux classes de poids de rejets d'ananas cultivés sur solution nutritive. *ORSTOM Abidjan*, 18 p.
- GODO G., 1980 b. — Effets du niveau de croissance et de la quantité de racines sur l'absorption de N et K en début de cycle chez l'ananas cultivé sur solution nutritive. *Séminaire de l'Institut International de la Potasse*, Abidjan.
- GONZALES TEJERA E., 1969. — Effects of plant density on the production of a plant crop of Red Spanish pineapple in Puerto-Rico. 7^e Congrès (CFCS). *Agricultural Experiment Station, University of Puerto-Rico*.
- GONZALES TEJERA E. et GANDIA DIAZ H., 1976. — The effects of nitrogen and potassium fertilizers on the productivity and quality of the pineapple cultivar Smooth Cayenne. In *24th Annual Congress of the Amer. Soc. Hort. Sci., Tropical Region*, 196-205.
- GONZALES S., TRETO E., FONTICIELLA O., 1975. — The effect of various chemicals on flowering in pineapple cv Cayenne Lisse. 2. Analysis of fruiting. *Ciencias, 10 (Botanica)*, (6), 25-42.
- GORTNER W. A., 1962 a. — A short term effect of weather on malic acid in pineapple fruit. *J. Fd Sci.*, 28, 191-192.
- GORTNER W. A., 1962 a. — Radioisotope studies of pesticide metabolism by the pineapple plant. *Int. J. App. Radio. Isotopes*, 13, 395-397.
- GORTNER W. A., 1965. — Chemical and physical development of the pineapple fruit. IV. Plant pigment constituents. *J. Fd Sci.*, 30, 30-32.
- GORTNER W. A., 1969. — Relation of chemical structure to plant growth regulator activity in the pineapple plant retarding senescence of pineapple fruit with applications of 2, 4, 5-trichlorophenoxyacetic acid and 1-naphtalene acetic acid. *J. Fd Sci.*, 34 (6), 577-589.
- GORTNER W. A. et KENT M., 1953. — Indoleacetic acid oxidase and an inhibitor in pineapple tissue. *J. Biol. Chem.*, 204 (2), 593-603.
- GORTNER W. A. et KENT M., 1958. — The requirement and enzyme inhibitors of pineapple indoleacetic acid oxydase. *J. Biol. Chem.*, 233 (3), 731-735.
- GORTNER W. A. et LEEPER R. W., 1969. — Studies on the relation of chemical structure to plant growth regulator activity in the pineapple plant. V. Post-harvest delay of senescence of pineapple fruit. *Bot. Gaz.*, 130 (2), 87-97.
- GORTNER W. A. et SINGLETON V. L., 1965. — Chemical and physical development of pineapple fruit. III. Nitrogenous and enzyme constituents. *J. Fd Sci.*, 30 (1), 24-29.
- GORTNER W. A., DULL G. C. et KRAUSS B. H., 1967. — Fruit development, maturation, ripening and senescence : biochemical basis for horticultural terminology. *Hort. Sci.*, 2 (4), 141-144.
- GOWING D. P., 1956. — An hypothesis on the role of naphtaleneacetic acid in flower induction in the pineapple. *Amer. J. Bot.*, 43, 411-418.

- GOWING D. P., 1958. — An antagonism of indolbutyric acid for indolacetic acid. *Plant Physiol.*, 33.
- GOWING D. P., 1958. — The induction of flowering in pineapples by exposure to shortday length. *Plant Physiol.*, 33 (suppl.), XIV-XX.
- GOWING D. P., 1961. — Experiments on the photoperiodic response in pineapple. *Amer. J. Bot.*, 48, 16-21.
- GOWING D. P. et LEEPER R. W., 1955. — Induction of flowering in pineapple by betahydroxy-ethylhydrazine. *Science*, 122, 1267.
- GOWING D. P. et LEEPER R. W., 1961. — Studies on the relation of chemical structure to plant growth regulator activity in the pineapple plant. IV. Hydrazine derivatives, compounds with unsaturated aliphatic moiety and miscellaneous chemicals. *Bot. Gaz.*, 123, 34-43.
- GREEN G. C., 1963. — The pineapple plant. In: The effect of weather and climate upon the keeping of fruit. *Tech. World Meteo Org.* Geneve, 53 p, 136-180.
- GROSZMANN H. M., 1948. — Pineapple culture in Queensland. *Queensland Agric. J.*, 67 (2), 78-100.
- GROSZMANN H. M., 1971. — Cut blackheart loss-cut sooner. *Queensland Fr. Veget. News*, 40 (18) 357.
- GUÉROUT R., 1964. — L'ananas et les nématodes. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 62.
- GUÉROUT R., 1965. — *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 62.
- GUÉROUT R., 1965. — Compétition *Pratylenchus brachyurus-Meloïdogyne* sp. dans les cultures d'ananas de Côte-d'Ivoire. Compte rendu du 8^e *Symposium International de Nématologie*, Antibes, E. J. Brill Leiden, 1968.
- GUÉROUT R., 1967. — Persistance de *P. brachyurus* dans les plantations d'ananas ivoiriennes. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 39.
- GUÉROUT R., BARBIER M., GICQUIAUX Y. et VILARDEBO A., 1968. — Recherches sur l'utilisation du disulfotane dans la lutte contre la cochenille farineuse de l'ananas (*Dysmicoccus brevipes* Ckl). *Fruits*, 23 (2), 67-78.
- GUÉROUT R., 1969. — Action des plantes améliorantes en culture d'ananas. III. Bilan nématologique. *Fruits*, 24 (9-10), 436-443.
- GUÉROUT R., 1972. — Répercussion du Wilt sur la production de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 27 (3), 179-184.
- GUÉROUT R., 1974 a. — Les taches noires de l'ananas. *Fruits*, 29 (7-8), 489-499.
- GUÉROUT R., 1974 b. — Attaques d'*Angosoma centaurus* en plantation d'ananas. *Fruits*, 29 (9), 609-611.
- GUÉROUT R., 1975. — Nematodes of pineapple: A Review. *Pans.*, 21, 2.
- GUNKEE W. W., KAHL W. H. et MOFFETT L., 1972. — Mechanical plantings of pineapples. Automation concept in design. *Int. Conf. on Trop. and Subtrop. Agr.*, 242-246, 1979.
- GUYOT A., 1963. — Aménagement de pépinière pour multiplication accélérée. Document *IRFA* non publié.
- GUYOT A., 1970. — Essai de réduction chimique de la couronne. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 1.
- GUYOT A., 1976 a. — Les méthodes de culture de l'ananas frais. IV^e édition. *SODEFEL*. Document non publié.
- GUYOT A., 1976 b. — Les coopératives de production d'ananas en Côte-d'Ivoire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 34.
- GUYOT A. et PY C., 1970. — La floraison contrôlée de l'ananas par l'éthrel, nouveau régulateur de croissance. 2^e partie. *Fruits*, 25 (5), 341-347.
- HAAGEN SMIT A. L., KIRCHNER J. G., PRATER A. N. et D., CLARA L., 1945. — Chemical studies of pineapple. I. The volatile flavor and odor constituents of pineapple. *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1646-1650.
- HAGAN H. B. et COLLINS J. L., 1935. — Studies of the varietal resistance of pineapple plants. Part. 2 : Plant resistance to *Heterodera marioni* (Cornu) Godfrey. *J. of Heredity*, 26 (1), 35-46.
- HAINNAUX G. et de RICAUD J., 1977 a. — Phases d'émission racinaire d'un rejet d'ananas. *IRFA/ORSTOM*, Abidjan, 13 p.
- HAINNAUX G. et de RICAUD J., 1977 b. — Étude préliminaire de l'incidence des techniques de travail du sol sur la croissance de l'ananas. *ORSTOM*, Abidjan, Labo. d'agronomie.

- HAMNER K. C. et NIGHTINGALE G. T., 1946. — Ascorbic acid contents of pineapples as correlated with environmental factors and plant composition. *Food Res.*, 11, 535-541.
- HARRIS W. V., 1927. — On a Lycaenide butterfly attacking pineapple in Trinidad. *Bull. Ento. Res.*, 15 (2), 183-188.
- HENG TAN TEK, 1963. — An investigation in the preparation of pulp from sugar cane bagasse blended with pineapple leaves. *Philipp. Abstr.*, 4 (2), 48.
- HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969. — Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Éd. Masson, Paris, 332 p.
- HENKE L. A., 1945. — Pineapple crowns as cattle feed. *Hawaiian Acad. Sci. Ann. Rep.*
- HEPTON A. et ANDERSON E. J., 1968. — Interfruitlet corking of pineapple fruit, a new disease in Hawaii. *Phytopathology*, 58, 74-78.
- HINE R. B., ALABAN R. et KLEMMER H., 1964. — Influence of soil temperature on root and heart rot of pineapple caused by *Phytophthora cinnamomi* and *Phytophthora parasitica* - *Phytopathology*, 54 (10), 1287.
- HINE R. B., 1976. — Epidemiology of pink disease of pineapple fruit. *Phytopathology*, 66, 323-327.
- HOBSON G. E., 1962. — Determination of polygalacturonase in fruits. *Nature*, London, 195, 804-805.
- HORELLOU A., 1981. — Un nouvel antigraminée sélectif des cultures dicotylédones : le fluazifop-butyl. Journées Études Desherbage - II^e Conf. COLUMA, p. 709-722.
- HOSHINO H. et GODFREY G. H., 1933. — Thermal death point of *Heterodera radicicola* in relation to time. *Phytopathology*, 23, 260-270.
- HUANG C. C., 1973. — Studies on the effects of plant hormones on the development of pineapple fruits. I. Types of plant hormone and the effect of their concentration on pineapple fruit. *Taiwan Agri. Quart.*, 9 (2), 39-43.
- HUANG Y. L., 1970. — Experiment on the very close planting of pineapples. *Taiwan Agri. Quart.*, 6 (2), 101-110.
- HUANG YUNG CHAN, FANG TZUUTAR et LIN RO SIU, 1960. — Étude sur la maturité à la cueillette de l'ananas. *Mem. Coll. : Agric. nation. Taiwan Univ.*, 5 (4), 25-39.
- HUET R., 1953. — Contribution à l'étude du « jaune » de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 8 (11), 544-546.
- HUET R., 1958. — La composition chimique de l'ananas. *Fruits*, 13 (5), 183-197.
- HUET R., 1959. — A propos du dosage de l'acidité du jus d'ananas. *Fruits*, 14 (2), 83-85.
- HUET R., 1972. — Composés volatils des ananas à différentes maturités. Document IRFA non publié.
- HUET R. et TISSEAU M. A., 1959. — Observations sur l'évolution de l'ananas après la coupe. *Fruits*, 14 (6), 271-275.
- HUSSAIN S. M., FARUQUE A. H., SIDDIQUE M. A., 1973. — Through growth regulators, flower induction in pineapple. *Indian Horticulture*, 18 (3), 11-12.
- HUTTON D. G., 1974. — Response of two pineapple varieties to select nematicides. In : *Proc. Symp. Prot. Hort. Crops in the Carribean*. St Augustine, Trinidad, April 8-11, 107-117.
- IGLESIAS R., 1979. — Influence of the mixture of ethrel with urea and sodium carbonate on flowering, fruit quality and slips production in the pineapple cultivar Española Roja. *Cultivos tropicales*, 1 (2), 117-130.
- IVANOFF S. S., 1946. — Deteriario interno no parasitario de la piña. *Rev. Appl. Mycol.*, 25, 126-127.
- JAMET P. et PIEDALLU M. A., 1980. — Comportement des nématicides organophosphorés et carbamates dans le sol et les plantes. Étude bibliographique. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, 29, 175-199.
- JAMLESON G. I., 1975. — Plantation Layout. Extrait de « The pineapple ». Queensland Department of Primary Industries, Australie, p. 1-34.
- JEANTEUR P., 1970. — Document IRFA non publié.
- JOHNSON M. O., 1935. — The pineapple. *Paradise of the pacific press*, p. 306.
- JOHNSTON A., 1957 a. — Pineapple fruit collapse. *Malay. Agric. J.*, 40 (4), 253-263.

- JOHNSTON A., 1957 b. — Bacterial heart root of the pineapple. *Malay. Agric. J.*, 40 (1), 2-8.
- JORDAN A. et O'MARA R., 1976. — Weed control in pineapples. *The Australian Weed Control. Handbook*, 3^e édition, 49-52.
- JOSHI M. C., BOYER J. S., KRAMER P. J., 1965. — Growth, carbon dioxide exchange, transpiration and transpiration ratio of pineapple. *Bot. Gaz.*, 126 (3), 174-179.
- JORGENSEN K. R., 1978. — Copper deficiency in pineapples. *Queensland J. of Agric. and Animal Sci.*, 35 (2), 77-82.
- JUBERTHIE-JUPEAU L., 1956. — Existence de spermatophores chez les symphytes. *C.R. Acad. Sci.*, 243, 1164-1166.
- JUBERTHIE-JUPEAU L., 1959 a. — Données sur les phénomènes externes de l'émission des spermatophores chez les symphytes (Myriapodes). *C. R. Acad. Sci.*, 248, 469-472.
- JUBERTHIE-JUPEAU L., 1959 b. — Sur une modalité nouvelle de prise de spermatophores et sur l'existence de poches spermatiques gnathales chez les Scutigerelles (Symphytes, Myriapodes). *C. R. Acad. Sci.*, 248, 862-865.
- JUBERTHIE-JUPEAU L., 1959 c. — Étude de la ponte chez les symphytes (Myriapodes) avec mise en évidence d'une fécondation externe des œufs par la femelle. *C. R. Acad. Sci.*, 249, 1821-1823.
- JUBERTHIE-JUPEAU L. et KEHE M., 1978. — Dimorphisme sexuel chez un symphyte nouveau de Côte-d'Ivoire *Hanseniella ivorensis* sp. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 15 (4), 529-536.
- KADZIMIN S. B., 1975. — Effects of water stress on pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.). M.S. Thesis, Library University of Hawaii, Honolulu.
- KANAPATHY K., 1959. — Visual symptoms of major nutrient deficiencies of the Singapore Spanish pineapple. *Malay. Agric. J.*, 42 (3), 157-160.
- KAPLAN J., 1976 a. — La culture de l'ananas en Casamance. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 46.
- KAPLAN J., 1976 b. — La multiplication de l'ananas à la pépinière de Singher. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 47.
- KEETCH D. P., 1975. — Soil temperature and the use of the fumigants DD, EDB and DBCP in pineapple lands. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal*, 5-8.
- KEETCH D. P., 1977 a. — White leaf spot, base and spot rot in pineapple. Pineapple Series H 3. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P., 1977 b. — Marbling in pineapples. Pineapple Series H 7. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P., 1977 c. — Yeasty fermentation in pineapples. Pineapple Series H 10. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P., 1977 d. — Yellow spot in pineapple. Pineapple Series H 5. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P., 1977 e. — Nematodes in pineapple. Pineapple Series H 18. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P., 1979 a. — Pineapple nematode in Zululand. Pineapple Series H 20. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P., 1979 b. — Pineapple nematode control with fumigant nematicides. Pineapple Series H 19. *Farming in South Africa*.
- KEETCH D. P. et al., 1975. — Pineapple cultivation. *Fiat Lux. nov.*, 15-17.
- KEETCH D. P. et DALLDORF E. R., 1977. — Chlorflurenol on Smooth Cayenne pineapples. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.* (45), 10-11.
- KEETCH D. P. et DALLDORF E. R., 1979. — The incidence of certain pineapple fruit blemishes in the Eastern Cape and border. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal* (551), 12-15.
- KEETCH D. P. et DALLDORF E. R., 1980. — The use of grass and legumes rotations for pineapple nematode control in the Eastern Cape. *The Citrus and Subtropical Fruit Journal* (557), 10-12.
- KEETCH D. P. et PURDON K. T., 1979. — Effect of systemic nematicides on pineapple. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.* (83), 3-4.
- KEETCH D. P. et WEBSTER G. S., 1977. — Experimental control of pineapple nematodes. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.* (55), 14-16.
- KEFFORD N. P., HARADA W. T., 1977. — Pineapple summary paper. *Agr. Industry Anal.* — The status, potential and problems of Hawaiian crops, 19 p.

- KEHE M., 1979 a. — Les symphyles en culture d'ananas en Côte-d'Ivoire. *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*. Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille. 1^{re} partie, 441-445.
- KEHE M., 1979 b. — Résultats d'expérimentation (essai 458). Document *IRFA* non publié.
- KEHE M., 1979 c. — Résultats d'expérimentation (essai 003-06). Document *IRFA* non publié.
- KEHE M., 1979 d. — Rôle de quelques facteurs écologiques sur la reproduction et la dynamique des populations de *Hanseniella ivorensis* (Symphyles, Myriapodes). Faculté des Sciences de l'Université Nationale de Côte-d'Ivoire, DEA.
- KEHE M., 1980. — Résultats d'expérimentation (essai 003-05). Document *IRFA* non publié.
- KEHE M., 1981. — Résultats d'expérimentation (essai 009-04 et 009-05). Document *IRFA* non publié.
- KELLEMS R. O., WAYMAN O., NGUYEN A. H., NOLAN J. C. Jr., CAMPBELL C. M., CARPENTER J. R. and HO A. E. B., 1979. — Post-harvest pineapple plant forage as a potential feedstuff for beef cattle : evaluated by laboratory analyses, *in vitro*, and *in vivo* digestibility and feedlot trials. *J. of Animal Science*, 48 (5), 1040-1048.
- KERNS K. R., 1936. — Method and material for forcing flowering and fruit formation in plants. *US Pat.*, 2,047,874.
- KERNS K. R., COLLINS J. S. et KIM M., 1936. — Development studies of the pineapple. Origin and growth leaves and inflorescence. *New Phytol.*, 35, 305-317.
- KERNS K. R., WILLIAMS D. F. et SMITH J. B. — A review of seediness in pineapple, with courtesy of *Pineapple Research Institute*.
- KLEMMER H. W. et NAKANO R. Y., 1964. — Distribution and pathogenicity of *Phytophthora* and *Pythium* in pineapple soils of Hawaii. *Plt. Dis. Repr.*, 48 (11), 848-852.
- KLUGE M. et TING I. P., 1978. — Crassulacean acid metabolism. Analysis of an ecological adaptation. Ed. Springer Verlag Berlin-Heidelberg, New York, 209 p.
- KING N., 1934. — Organic matter and pineapple production. Report on second cycle pineapple yields with first cycle comparisons. *Pineapple Quarterly*, 4, 160-170.
- KING K., 1964. — Mechanical planting of pineapples. *Queensland Agric. J.*, 72-75.
- KOHL S. D., 1981. — Production d'éthanol à partir des sous-produits végétaux en zone tropicale humide : cas de l'alcool médicinal à partir des déchets d'ananas. *Entropic*, 17 (98), 37-47.
- KONTAKIS D. G., HAYWARD A. C., 1978. — The pathogen and symptomatology of Pink disease of pineapple fruit in the Philippines. *Plt. Dis. Repr.*, 62, 446-450.
- KONTAKIS D. G., 1978. — Control of Pink disease of pineapple fruit with disulfoton in the Philippines. *Plt. Dis. Repr.*, 62, 172-173.
- KOTALAWALA J., 1971. — Mass production of pineapple planting material. *Tropical Agriculturist* (127), 199-202.
- KRAUSS B. H., 1948. — Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. I. Introduction, organography, the stem and the lateral branch or axillary buds. *Bot. Gaz.*, 110 (2), 159-217. — II. The leaf. *Bot. Gaz.*, 110 (3), 333-404.
- KRAUSS B. H., 1949. — Anatomy of the vegetative organs of the pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. III. The root and the cork. *Bot. Gaz.*, 110, 580-586.
- KREUTZER, 1960. — Soil treatment in plant pathology and advanced treatise. Ed. Horsfall H. G. et Dimond A. L. *Acad. Press Inc. NY*, III, 431-476.
- KWONG K. H. et CHIU Y. M., 1968. — Use of SNA sprays to improve weight and size of spring fruit of pineapples in the Taitung district. *J. Agric. Ass. China* (62), 31-42.
- KWONG K. H., CHIU Y. M. et LI S. K., 1966. — Field experiments on the potassium requirement of pineapple in the Taitung district. *Rep. Taiwan Sugar Exp. Stat.* (41), 109-128.
- LACOEUILHE J. J., 1971. — L'azote et la croissance de l'ananas. *Fruits*, 26 (1), 37-44.
- LACOEUILHE J. J., 1973 a. — Ethrel + urée = induction florale. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 84.

- LACOEUILHE J. J., 1973 b. — Rythme d'absorption du potassium en relation avec la croissance : cas de l'ananas et du bananier. 10^e Colloque de l'Institut International de la Potasse, Abidjan, 177-183.
- LACOEUILHE J. J., 1973 c. — Essais doses d'azote. *Réunion Annuelle IRFA, doc. internes*, n° 68 et 96.
- LACOEUILHE J. J., 1973 d. — Essai dose de potasse. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 104.
- LACOEUILHE J. J., 1973 e. — Phytotoxicité des oligo-éléments en pulvérisation. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 142.
- LACOEUILHE J. J., 1974 a. — Les résidus de culture de l'ananas. *Fruits*, 29 (7-8), 501-504.
- LACOEUILHE J. J., 1974 b. — Densité de plantation de l'ananas en Côte-d'Ivoire pour l'exportation du fruit frais. *Fruits*, 29 (11), 717-720.
- LACOEUILHE J. J., 1975 a. — Influence de la nature du rejet planté sur la floraison naturelle de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 30 (5), 307-312.
- LACOEUILHE J. J., 1975 b. — Études sur le contrôle du cycle de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 30 (5), 307-312.
- LACOEUILHE J. J., 1975. — Le problème de la deuxième récolte en culture d'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 30 (2), 83-89.
- LACOEUILHE J. J., 1976 a. — Croissance de l'ananas en fonction du type de rejet et de la fumure. Bilans en matière fraîche et sèche et en éléments minéraux. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 11.
- LACOEUILHE J. J., 1976 b. — Contribution des feuilles vivantes pendant la période de fructification à la croissance et au développement du fruit. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 10.
- LACOEUILHE J. J., 1977. — Symphytes sur ananas en Martinique. Document *IRFA* non publié.
- LACOEUILHE J. J., 1978 a. — La fumure N-K de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 33 (5), 341-348.
- LACOEUILHE J. J., 1978 b. — Compte rendu des résultats de l'essai 90. Document *IRFA* non publié.
- LACOEUILHE J. J., 1979 a. — Essai de stimulation de l'émission racinaire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 69.
- LACOEUILHE J. J., 1979 b. — Synthèse fertilisation. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 54.
- LACOEUILHE J. J., 1979 c. — Couverture du sol. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 53.
- LACOEUILHE J. J., 1980. — Documents *IRFA* non publiés.
- LACOEUILHE J. J., 1981. — Documents *IRFA* non publiés.
- LACOEUILHE J. J., 1982. — Résultat d'expérimentation (essai 139). Document *IRFA* non publié.
- LACOEUILHE J. J. et GICQUIAUX Y., 1971. — La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. *Fruits*, 26 (5), 353-3 ; 26 (7-8), 519-531 ; 26 (9), 581-5.
- LACOEUILHE J. J. et GUÉROUT R., 1976. — Action du nématode *P. brachyurus* sur la croissance, la nutrition et les rendements de l'ananas. Influence de la localisation de la fumure. *Fruits*, 31 (3), 147-156.
- LACOEUILHE J. J. et GUYOT A., 1979. — Les techniques culturales de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 34 (3), 159-168.
- LACOEUILHE J. J. et KOVASSI A., 1976. — Quelques observations sur la production des rejets à l'Anguédédou. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 16.
- LACOEUILHE J. J. et PY C., 1974. — La croissance de la feuille d'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 29 (11), 709-715.
- LACOEUILHE J. J., MARCHAL J., VILARDEBO A., PY C., 1977. — Incidences respectives des nématodes et des symphytes dans une situation d'altitude de la Martinique. Documents *IRFA* non publiés.
- LACOEUILHE J. J., MARCHAL J., GODEFROY J., 1978. — Conservation de la fertilité d'un sol ferrallitique de basse Côte-d'Ivoire cultivé en ananas. *Fruits*, 33 (4), 241-256.
- LAGATU H., MAUME L., 1930. — Le diagnostic foliaire de la pomme de terre. *Annales École Agriculture de Montpellier*, 20, 219-281.

- LANGENEGGER W. et PURDON K., 1977. — Potassium fertilization of Cayenne pineapples. Simplify and save. *Inform. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.* (56), 14-15.
- LAVILLE E., 1980. — La fusariose de l'ananas au Brésil. *Fruits*, 35 (2), 101-113.
- LAUCHLI A. et PELUGER R., 1978. — In Proceedings of the 11th Colloquium of the International Potash Institute held in Bern/Switzerland.
- LAUREIRO M. C. et FORTES J. M., 1972. — *Hanseniella* sp. (Symphyta) new root pest of *Ananas comosus* (L.) Merr. in Brasil. *CERES*, 19 (103), 217-221.
- LEAL F. J. et ANTONI M. G., 1980. — Descripción y clave de las variedades de piña cultivadas en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. Alicante*, 29, 51-79.
- LEAL F. J. et SOULE J., 1977. — « Maipure » a new spineless group of pineapple cultivars. *Hort. Science*, 12 (4).
- LEAL F. J., ANTONI M. G. et RODRIGUEZ P., 1979. — Descripción de cinco variedades de piña (*Ananas comosus*) en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*, X (1-4), 21-30.
- LEE C. K. et TEE T. S., 1978. — Plantlet quartering, a rapid propagation technique in pineapple. XXth International Congress. Sydney (Australie). *Malaysian Agricultural Research Development Institute*. Serdang. Selangor (Malaisie).
- LEE H. S., 1968. — Preliminary report on the feeding positions of mealy bug (*Dysmicoccus brevipes* CKL) in relation to pineapple wilt. *Plant Protection Bull. Taiwan*, 18 (2), 59-62.
- LEE H. S., 1974. — Control of ant in pineapple field by Mirex bait. *J. of Taiwan Agric. Research*, 23 (4), 307-310.
- LEE S. A., 1972. — Agro-economic studies on intercropping. *Malay. Pineapple*, 2, 23-32.
- LEEPER R. W., GOWING D. P. et STEWART W. S., 1962. — Decarboxylation of alpha-naphtaleneacetic acid by pineapple leaves in sunlight. *Intern. J. of applied Radiation and Isotopes*, 13, 399-402.
- LE GRICE D. S. et MARR G. S., 1970. — Fruit diseases control in pineapple. *Farming in South Africa*, 46 (1), 9, 12, 17.
- LETOREY J., 1966. — Le calibrage de l'ananas en vue de l'exportation en frais. *Fruits*, 21 (3), 139-143.
- LETOREY J., 1970. — Test comparatif de deux variétés d'ananas à la Réunion. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 88.
- LEVERINGTON, 1969. — Communication personnelle.
- LEWCOCK H. K., 1935. — Pineapple wilt disease and its control. *Queensland Agric. J.*, 43 (1), 9-17.
- LEWCOCK H. K., 1937. — Yellow spot disease of pineapples. *Queensland Agric. J.*, 48, 665-672.
- LIEBERMAN M., 1979. — Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, 30, 533-591.
- LIM W. H., 1971. — Evaluating the susceptibility of pineapple cultivars to bacterial heart rot. *Malay. Pineapple*, 1, 23-27.
- LIM W. H., 1972. — Wilting and green spotting of pineapple by the bisexual race of *Dysmicoccus brevipes* CKL. in West Malaysia. *Malay. Pineapple*, 2, 15-21.
- LIM W. H., 1974 a. — The etiology of fruit collapse and bacterial heart rot of pineapple. *MARDI Res. Bull.*, 2, 11-16.
- LIM W. H., 1974 b. — Exsudates from collapsed pineapple fruits as an inoculum source of *Erwinia chrysanthemi* Bukholder et al. *MARDI Res. Bull.*, 2 (2), 17-21.
- LIM W. H. et LOWINGS P. H., 1977. — Insects associated with collapsed pineapple fruits, heart rot plants and inflorescences. *MARDI Res. Bull.*, 5 (2), 153-157.
- LIM W. H., 1978. — Survival of *Erwinia chrysanthemi* on pineapple leaf surfaces. *Proc. 4th Int. Conf. Plant. Path. Bact. Angers*, 743-746.
- LIM W. H. et LOWINGS P. H., 1978. — Infection sites of pineapple fruit collapse and latency of the pathogen, *Erwinia chrysanthemi*, within the fruit. *Proc. 4th Int. Conf. Plant. Path. Bact. Angers*, 567-575.
- LIM W. H. et LOWINGS P. H., 1979. — Effect of Ethephon on anthesis and fruit collapse disease in pineapple. *Experimental Agriculture*, 15 (4), 331-334.
- LIM W. H. et LOWINGS P. H., 1982. — Some ecological aspects on the transmission of « fruit collapse » disease in pineapple. *ACTA Oecologica*, 3, (1), 71-77.

- LIM T. K. et ROHRBACH K. G., 1980. — Role of *Penicillium funiculosum* in the development of pineapple fruit diseases. *Phytopathology*, 70, 663-665.
- LIMA de D. C. et ROMANELLI P. F., 1977. — Extração e estudo de alguma propriedades bioquímicas do enzimo proteolítico do caule do abacaxi branco, variedade Perolera. Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos São Paulo. *Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, São Paulo, 8 (2), 377-389.
- LINFORD M. B., 1932 a. — Endogenous or non parasitic brown spot. *Pineapple Quarterly*, 11, 46-58.
- LINFORD M. B., 1932 b. — Transmission of the yellow spot virus by *Thrips tabaci*. Techn. paper, 22, 301-324.
- LINFORD M. B., 1933. — Fruit quality studies. II. Eye number and eye weight. *Pineapple Quarterly*, 185-195.
- LINFORD M. B., 1934 a. — Cité par EKERN, 1967.
- LINFORD M. B., 1934 b. — Fruit quality studies. IV. Relationship of iron spray to fruit quality and fruit disease. *Pineapple Quarterly*, 14, 23-31.
- LINFORD M. B., 1952. — Pineapple diseases and pests in Mexico. *FAO Plant Prot. Bull.*, 1, 21-25.
- LINFORD M. B. et MAGISTAD O. C., 1933. — Fruit quality studies. III. Soil moisture as a factor limiting the development and quality of pineapple. *Fruits*, 3 (4), 196-206.
- LINFORD M. B. et MEHRLICH F. P., 1934. — Fruit qualities studies. VIII. Some influences of plant spacing in Kauai pineapple company experiment. 17. *Pineapple Quarterly*, 152-159.
- LINFORD M. B. et SPIEGELBERT C. H., 1933. — Illustrated list of pineapple fruit diseases, blemishes and malformities. *Pineapple Quarterly*, 3 (4), 134-178.
- LINSBAUER K., 1911. — Zur physiologischen Anatomie der Epidermis und des Durchlüftungsapparates der Bromeliaceen. *Sber. Akad. Wien*, 120, 319-348.
- LOUVEL D., 1975. — Étude des relations entre l'ananas et le *Phytophthora parasitica* : mise au point d'une technique d'inoculation, localisation des niveaux de résistance. *Fruits*, 30, 669-688.
- LÜRSSEN K., 1982. — Manipulation of crops growth by ethylene and some implications of the mode of generation. In : Chemical manipulations of crop growth and development. Ed. J. S. Mac Lauren. Univ. Nottingham. Butterworth Scientific.
- MC CLELLAND T. D., 1928. — Studies of the photoperiodism of some economic plants. *J. Agric. Res.*, 37 (10), 603-628.
- MAFFIA L. A., 1980. — Sobrevivência de *F. moniliforme* Sheld var. *subglutinans* Wr. et Rg. no solo em restos culturais em sua eradicação de mudas de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) a traves de tratamento termino. *Fruits*, 35 (4), 217-243.
- MAFFIA L. A. et al., 1978. — Sobrevivência de *Fusarium moniliforme* Sheld var. *subglutinans* Wr. et Rg. no solo em restos culturais. *Fitopatologia Brasileira*, 3 (2).
- MAGISTAD D. C., 1934. — The relation between replaceable potassium and field response to potash in hawaiian soils. *Soil Sci.*, 37 (2), 99-103.
- MAGISTAD D. C., OLIVEIRA J. M., 1934. — Changes in plant food intake caused by a population of *Heterodera marioni* on *Ananas comosus*. *Phytopathology*, 24, 276-283.
- MALAN E. F., 1954. — Pineapple production in South Africa. *Department of Agriculture, Bulletin*, n° 330, p. 28.
- MAPES M. O., 1973. — Tissue culture of bromeliads. *The International Plant Propagators Society*, 23, 47-55.
- MATHEWS V. H., RANGAN T. S. et NARAYANASWAMY S., 1976. — Micropropagation of *Ananas sativus* in vitro. 2. *Pflanzenphysiol.*, 79, 450-455.
- MARCELLE R., 1975. — Dans : Environmental and biological control of Photosynthesis. Dr. W. JUNK B. V. Publishers, The Hague.
- MARCHAL J., 1971 a. — Le phosphore chez l'ananas. *Fruits*, 26 (3), 189-206.
- MARCHAL J., 1971 b. — Les oligo-éléments dans l'ananas. *Fruits*, 26 (4), 263-277.
- MARCHAL J., 1973. — Analyse foliaire des essais dose d'azote. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 173.

- MARCHAL J., 1974. — Communication personnelle dans TEISSON C., 1977.
- MARCHAL J., 1975. — Masse critique d'azote dans la feuille D. Documents IRFA non publiés.
- MARCHAL J., 1976. — Communication personnelle.
- MARCHAL J., 1979. — Chlorure et sulfate de potasse en culture d'ananas. Relations entre la composition minérale et les rendements qualitatifs et quantitatifs. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 134.
- MARCHAL J., 1980. — Arrière effets du chaulage en culture d'ananas (var. Cayenne Lisse) sur un sol ferrallitique de Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 35 (12), 301-308.
- MARCHAL J., LACOEUILHE J.J., 1980. — Documents IRFA non publiés.
- MARCHAL J., PINON A., 1980. — Nutrition azotée de l'ananas. Étude des voies d'absorption de l'azote par la technique de la dilution isotopique. *Fruits*, 35 (1), 29-38.
- MARCHAL J., PINON A., TEISSON C., 1980. — Effets de la forme de l'engrais potassique sur la qualité de l'ananas. *Séminaire I.I.P. sur le potassium, Abidjan*, 21-22/10/80.
- MARCHAL J., MARTIN-PREVEL P., LACOEUILHE J.J. et LOSOIS P., 1970. — Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. II. Analyses foliaires. *Fruits*, 25 (2), 87-95.
- MARCILLAT G., 1974. — Contribution à l'étude de la broméline de l'ananas. USTL (DEA). Document non publié.
- MARSHALL A.K.G., 1961. — A new attacking pineapple in Jamaica. *Bull. Ento. Research* (7), 197-198.
- MARTINEZ N.B. de, 1976. — Estudio preliminar en el control de los insectos causantes de la gomosis en piña. *Agronomia Tropical*, 26 (1), 3-7.
- MARTIN-PREVEL P., 1959 a. — Aperçu sur les relations croissance/nutrition minérale chez l'ananas. *Fruits*, 14 (3), 101-122.
- MARTIN-PREVEL P., 1959 b. — Carence en potasse sur ananas en Guinée. *Fruits*, 14 (7), 285-289.
- MARTIN-PREVEL P., 1959 c. — Échantillonnage de l'ananas en vue du diagnostic foliaire. *Nutrition minérale en engrais*, Abidjan 16-22/2/59, p. 57.
- MARTIN-PREVEL P., 1960. — Influence du substrat, du mode d'irrigation et de la variété dans des cultures d'ananas en milieu artificiel. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 50.
- MARTIN-PREVEL P., 1970. — Note de synthèse sur les essais fertilisation réalisés en Côte-d'Ivoire. Document IRFA non publié.
- MARTIN-PREVEL P. et al., 1961. — Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 16 (2), 49-56 ; 16 (3), 113-123 ; 16 (4), 161-180 ; 16 (7), 341-351 ; 16 (11), 539-557.
- MARTIN-PREVEL P. et al., 1962. — Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 17 (5), 211-227 ; 17 (6), 257-261.
- MARTIN-PREVEL P., LACOEUILHE J.J. et MARCHAL J., 1967. — Essai engrais EN-2-1963 Côte-d'Ivoire. Étude des analyses foliaires. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 100.
- MARTINEZ N.B., 1976. — Estudio preliminar en el control de los insectos causantes de la gomosis en piña. *Agronomia Tropical*, 26 (1), 3-7.
- MARZOLA D.L. et BARTHOLOMEW D.P., 1979. — Photosynthetic pathway and biomass energy production. *Science*, 205 (4406), 555-559.
- MASSES H., 1978. — Communication personnelle.
- MASSES H., 1979 a. — Lutte contre les symphytes en culture d'ananas dans l'île de la Martinique. *Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical*, 423-438. (Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille).
- MASSES H., 1979 b. — Mouvements des symphytes dans le sol. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 98.
- MATOS A. P. do, 1978. — A fusariose do abacaxi na Bahia. 1a Encontro Nacional de Abacaxicultura, jan.-fev. 1978. Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia. Sociedade Brasileira de Fruticultura.
- MATOS A. P. do, NASCIMENTO A. S. do, SANCHEZ N.F., 1977. — Occurrence de uma lepidobroca em talo de abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cultivar Perola na Bahia. 4º Congresso Brasileiro de Entomologia.
- MEHRICH F.P., 1934. — Control of *Phytophthora* heart rot of pineapple plants. *Phytopathology*, 24, 173-196.

- MEHRlich F. P., 1936. — Pathogenicity and variation in *Phytophthora* species causing heart rot of pineapple plants. *Phytopathology*, 26, 23-43.
- MEHRlich F. D., 1950. — Pineapple plant culture. U.S. Pat. 2527-599.
- MEKERS O. et al., 1982. — Prevention of unwanted flowering of ornamental *Bromeliaceae* by growth regulating chemicals. XXIst International Horticulture Congress. Hamburg, V 2, p. 1793.
- MENELES E. B., SUZUCHI J., BATISTAL B. et ISMAEL A. J., 1977. — The use of granular formulations of insecticides against pineapple mealy bug, *Dysmicoccus brevipes*. *Anal. da Societad Entomologica do Brasil*, 6 (2), 287-294.
- MERLIER H. et MONTEGUT J., 1982. — Principales adventices de l'Afrique de l'Ouest. *A paraître*.
- MIGINIAC E., 1979. — Corrélations entre organes et floraison chez quelques plantes à exigences photopériodiques. Cité in: *Physiologie Végétale*, 17 (2).
- MILLER E. V. et HEILMAN A. S., 1952. — Ascorbic acid and physiological breakdown in the fruit of pineapple. *Science*, 116, 505-506.
- MILNE D. L., 1977. — The response of peroxidase and indolacetic oxydase in pineapple roots to foliar application of phenamiphos. *Agrochemophysica*, 9 (3), 65-70.
- MILNE D. L. et de VILLIERS E. A., 1977. — Two novel uses of systemic pesticides on pineapples and citrus. *South Afri. J. of Science*, 73 (3), 88-89.
- MILNE D. L., Van LELYVELD L. J., de VILLIERS E. A., 1977. — The response of peroxidase and indole acetic acid oxydase in pineapple roots to foliar application of phenamiphos. *Agrochemophysica*, 9 (3), 65-70.
- MONROE G. E. et SMITH P. R., 1979. — Components for harvesting pineapple stumps. A progress report transactions of the Amer Soc. of Agr. Engineers, 28 (6).
- MEKERS O., De PROFT M., JACOBO LIEVE, 1982. — Prevention of unwanted flowering of ornamental *Bromeliaceae* by growth regulating chemicals. Inst. of Ornamental Plant Growing. Caritasstraat 21, B 9230 Melle Belgique. XXI^e Int. Hort. Congress. Abstr. 1, Hamburg (R.F.A.).
- MONTENEGRO H. W. W., TORRES G. et DA SILVA G., 1967. — Experiments on the manuring of the pineapple in Brazil. *Fertilité* (2), 23-37.
- MOREAU R., 1978. — Influence de l'ameublissement mécanique et de l'infiltration d'eau sur la stabilité structurale d'un sol ferrallitique dans le centre de la Côte-d'Ivoire. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, 16 (4), 413-424.
- MORREN E., 1978. — Description de l'*Ananas macrodontes*. *Belg. Hort.*, 28, 140-144.
- MORTREUIL M. et BRADER L. M., 1960. — Marquage radio-actif des fourmis dans les plantations d'ananas. Rapport interne IDERT non publié.
- MOURICHON X., 1981. — Mise en évidence d'une association endomycorhizogène chez l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 36 (12), 745-749.
- MOURICHON X., 1982. — Document IRFA non publié.
- MOURICHON X., 1982. — Contribution à l'étude de la maladie des taches noires de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 14.
- MOYSE A., 1976. — Les types métaboliques des plantes C₄ et CAM. Comparaison avec les plantes C₃. *Physiologie Végétale*, 14 (3), 533-550.
- MURRAY D. A. H., 1980. — Pineapple scale. *Queensland Agric. J.*, 106 (3), 271-274.
- MULLER Z. O., 1978. — Feeding potential of pineapple waste for cattle. Asia Res. Pte Ltd, Singapore. *World Animal Review* (25), 25-29.
- NAF MULLER R. et WILLHALM B., 1971. — Über die flüchtigen Anteile der Ananas. *Helvetica Chimica Acta*, 54 (7), 1880-1890.
- NAKANO O., ASSIS MACHADO C. de, KINOSHITA K. et CAMPOS PENTEADO L. A., 1971. — Test of new insecticides in control of *Thecla basilides* (Geyer). *Solo*, 63 (1), 17-19.
- NAKO H. K., 1966. — Weed control in Hawaii. Calif. Weed Conf. Proc. 18th Ann. Conf., 3-7.
- NAVILLE R., 1982. — Situation et tendance du marché de l'ananas dans le monde. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 20.
- NEALES T. F., 1975. — The gas exchange patterns of CAM plants in environmental and biological control of photosynthesis. Edited by R. MARCELLE Junk b.v. Publishers. The Hague, 408 p.

- NEALES T. F., PATTERSON A. A., HARTNEY V. J., 1968. — Physiological adaptation to drought in the carbon assimilation and water loss of xerophytes. *Nature*, 219, 469-472.
- NEALES T. F., SALE P. J. M. et MEYER C. P., 1980. — Carbon dioxide assimilation by pineapple plants *Ananas comosus* (L.) Merr. II. Effects of variation of the day/night temperature regime. *Aust. J. Plant Physiol.*, 7, 375-385.
- NEAN LEE, 1978. — Effect of pH on growth, ion uptake and mineral content of pineapples. *J. Agric. Ass. of China*, 103, 65-74.
- NEILD R. E., BOSHELL F., 1976. — An agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. *Agric. Meteorol.*, 17, 81-92.
- NEVILLE R. J. W., 1963. — The pineapple canning industry of Malaya. *Orient Geogr.*, 7 (1).
- NEWHOOK F. J., WATERHOUSE G. M. et STAMPS D. J., 1978. — Tabular key to the species of *Phytophthora* de Bary. *Commonw. Myc. Inst. Mycol. Pap.* (143), 20 p.
- N'GUESSAN K., 1981. — Valorisation énergétique des tourteaux d'ananas par fermentation méthanique. DEA ENSIAM/USTL. Document non publié.
- NIGHTINGALE C. T., 1936. — The growth status of the pineapple plant. *Pineapple News*, 10, 68-78.
- NIGHTINGALE C. T., 1942. — Nitrate and carbohydrate reserves in relation to nitrogen nutrition of pineapple. *Bot. Gaz.*, 103, 409-456.
- NITSCH C. et NITSCH J. P., 1969. — Floral induction in a short-day plant, *Plumbago indica* L., by 2-chloroethanephosphoric acid. *Plant Physiol.*, 44 (128), 1747-1758.
- NOBORU IWAOKA, NIGHTINGALE C. T., CLARK H. E., 1935. — Effects of aeration of pineapple roots. *Pineapple Quarterly* (5), 229-233.
- NORMAN J. C., 1972. — The influence of some compounds on the growth and flowering of *Ananas comosus* (L.) Merr. cultivar Sugarloaf. *Ghana J. Agric. Sci.*, 5 (3), 213-219.
- NORMAN J. C., 1977. — The effect of plant density on the growth development and yields of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. cv Smooth Cayenne) in Ghana. *Acta Horticulturae* (53), 349-354.
- NORMAN J. C., 1978. — Responses of « Sugarloaf » pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. to plant population densities. *Gartenbauwissenschaft*, 43 (5), 237-240.
- NORMAN J. C., 1980 a. — Studies on the development of Sugarloaf pineapple after inflorescence head emergence. *Beiträge trop. Landwirtschaft. Veterinärmed.*, 18 J., H 4.
- NORMAN J. C., 1980 b. — Effects of storage and type of planting material on Sugarloaf pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. *Gartenbauwissenschaft*, 45 (6), 255-259.
- NOSE A., SHIROMA M., MIYAZATO K. et MURA YAMA S., 1977. — Studies on matter production in pineapple plants. I. Effects of light intensity in light period on the CO₂ exchange and CO₂ balance of pineapple plants. *Jap. J. Crop. Sci.*, 46, 580-587.
- NYENHUIS E. M., 1964. — James Queen. A new pineapple variety. *Farming in South Africa*, 40 (8), 54-56.
- O'DONOVAN P. B., CHEN M. C. et LEE P. K., 1972. — Conservation methods and feeding value for ruminants of pineapple bran mixtures. *Tropical Agriculture*, 49 (2), 135-141.
- OGURA H., NAKAYAMA S., KUSHIMA T., 1968. — Studies on the growth of pineapple under relatively low temperature condition in the vinyl house without heating. *Bull. Fac. Agric. Kagoshima*, 18, 13-16.
- OKIMOTO M. C., 1948. — Anatomy and histology of the pineapple inflorescence and fruit. *Bot. Gaz.*, 110 (2), 217-231.
- O'ROURKE J. T. et GROZMANN H. M., 1956. — Problems in pineapple flower induction. *Queensland Agric. J.*, 82 (10), 585-588.
- OSBURN, 1946. — Methylbromide for control of the pineapple mealy bug. *J. Econ. Entomo.*, 38 (5), 610.

- OSMOND C. B., 1978. — Crassulacean acid metabolism, a curiosity in context. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 29, 379-414.
- OTA S., MOORE S., STEIN W. H., 1964. — Preparation and chemical properties of purified stem and fruit bromelains. *Biochem.*, 3, 180-185.
- OTAGAKI K. K., MORITA K., 1959. — Pineapple plant as a feed for livestock. *Depart. Anim. Sci. Univ. Hawaii*.
- OTAGAKI K. K., LOFGREEN G. P., COBB E. et DULL G. G., 1961. — The net energy of pineapple bran and pineapple hay when fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 44 (3), 491-497.
- PALTRIDGE G. W. et DEHOLEN J. V., 1974. — Plant yield and the switch from vegetative to reproductive growth. *J. Theor. Biol.*, 44, 22-24.
- PAGE P. E., 1971. — Foliar uptake of potassium in pineapple. *Queensland. J. of Agric. and Animal Sci.*, 28, 191-194.
- PANNETIER C. et LANAUD C., 1976. — Divers aspects de l'utilisation possible des cultures *in vitro* pour la multiplication végétative de l'*Ananas comosus*. *Fruits*, 31 (12), 739-750.
- PAULL R. E. et ROHRBACH K. G., 1982. — Juice characteristics and internal atmosphere of waxed Smooth Cayenne pineapple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107 (3), 448-452.
- PEACHEY J. E., 1965. — Chemical control in « Plant nematology ». *Tech. Bull. Min. Agric. Fish Fd*, 238-247.
- PEACHEY J. E. et CHAPMAN M. R., 1966. — Chemical control of plant nematodes. *Tech. Commun. Bur. Helminth.* (36).
- PÉCHEUR J., RIBAILLER D., 1974. — La régulation de la maturation des fruits par l'éthéphon. *Coll. Int. CNRS Paris*, 238.
- PEGG K. G., 1969. — Pineapple top rot control with chemicals. *Queensland Agric. J.*, 95, 458-459.
- PEGG K. G., 1977 a. — Soil application of elemental sulfur as a control of *Phytophthora cinnamomi* root and heart rot of pineapple. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 17, 859-865.
- PEGG K. G., 1977 b. — Pests and diseases of the pineapple. *Hort. Br. Advisory Leaflet* H 39.
- PEGG K. G., 1979. — *Phytophthora* root and heart rot control. *Pineapple field day*, 14-19.
- PELEGRIN P., 1960. — Documents *IRFA* non publiés.
- PENNOCK W. et GANDIA H., 1975. — Effects of slip size, slip storage and time of planting on yield of Red Spanish pineapple in Puerto-Rico. *J. Agr. Univ. of Puerto Rico*, 59 (3), 141-164.
- PEREZ ESCOLAS M. E., 1959. — *J. Agric. Univ. of Puerto Rico*, 43 (2), 116-127.
- PERRIER X., 1979. — Essai ananas Côte-d'Ivoire : Épuisement - 60. Analyses de sol 1970-78. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 107.
- PERRIN B., 1976. — Essai de traitement de floraison à l'éthylène. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 9.
- PERRIOT J., 1980. — La fusariose de l'ananas au Brésil. II. Pathologie et caractéristiques de diverses races et formes spéciales au sein de l'espèce *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. *Fruits*, 35 (6), 335-354.
- PETTY G. J., 1976. — Pineapple pests : black maize beetle. *Farming in South Africa*, Pineapple Series H 13.
- PETTY G. J., 1976. — Pineapple root destruction by larvae of *Adoretus tessulatus*. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.*, 6 (46).
- PETTY G. J., 1977 a. — Leathery pocket in pineapples. *Farming in South Africa*, Pineapple Series H 2.
- PETTY G. J., 1977 b. — Beetle pests of pineapples. Some biological aspects. *The Citrus and Subtrop. Fruit J.* (529), 4-17.
- PETTY G. J., 1978 a. — The pineapple mealybug. *Farming in South Africa*, Pineapple Series H 15.
- PETTY G. J., 1978 b. — Pineapple mites. *Farming in South Africa*, Pineapple Series, H 16.
- PETTY G. J., 1978 c. — Pineapple pests : pineapple scale. *Farming in South Africa*, Pineapple Series H 14.

- PETTY G. J., 1978 d. — White grubs in pineapples. *Farming in South Africa*, Pineapple series H 12.
- PETTY G. J., 1978. — Pineapple pests : Thrips. *Farming in South Africa*, Pineapple Series H 17.
- PETTY G. J., 1979. — Minor pests of pineapples. *Farming in South Africa*, Pineapple series H 22.
- PHILIPP F. F., SANFORD W. G. et STANLEY R. W., 1973. — Feasibility of growing pineapple forage on Molokai for sale to Oahu cattle producers. *Hawaii Agr. Exp. Sta., Univ. Hawaii*, Dept. paper 33.
- PICKERSGILL B., 1976. — Pineapple *Ananas comosus*, Bromeliaceae in evolution of crop plants. Ed. N. W. Simmonds, Sc. D. Aicta Frse Fibiol. Longman, London and New York.
- PINEAU P., 1977. — Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 132.
- PINON A., 1976. — Intérêt du désherbage chimique en plantation d'ananas. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 40.
- PINON A., 1978. — L'ananas en conserverie et sa culture. Document IRFA Côte-d'Ivoire non publié.
- PINON A., 1979 a. — Essai AN.CI.ANG.535. Document IRFA non publié.
- PINON A., 1979 b. — La deuxième récolte en Côte-d'Ivoire. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 66.
- PINON A., 1980. — Communication personnelle.
- PINON A., 1981. — Compte rendu essais 355 et 356. Document IRFA non publié.
- PINON A. et COMBRES J. C., 1981. — Document IRFA non publié.
- PINON A. et PENEL J. P., 1981. — Résultats des essais polyéthylène lixiviation 541-561. Résultats préliminaires. Documents IRFA non publiés.
- PISSARA T. B., CHAVES G. M. et VENTURA J. A., 1979. — Sintomatologia da Fusariose (*F. moniliforme* Shled var. *subglutinans* W. R. & Reink) do abacaxizeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 4, 255-267 et *Communication EMCAPA*, n° 8.
- PISSARA T. B., VENTURA J. A. et BRAVIM A. B., 1979. — Produção de mudas de abacaxi livres da Fusariose. *Communicado EMCAPA*, n° 09-3.
- POIGNANT A., 1967. — Note sur la floraison des ananas destinés à la conserverie et sur les traitements de floraison en Côte-d'Ivoire. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 74.
- POIGNANT A., 1969 a. — Effet de deux hormones appliquées sur l'ananas pendant la formation du fruit. *Fruits*, 24 (7-8), 353-364.
- POIGNANT A., 1969 b. — Techniques de multiplication végétative accélérée de l'ananas. Document IRFA non publié.
- POIGNANT A., 1970. — Essai de maturation d'ananas par application d'une nouvelle formulation d'éthrel. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 6.
- POIGNANT A., 1970. — Essai maturation éthrel SNA. Réunion Annuelle IRFA, doc. interne, n° 87.
- POIGNANT A., 1971. — La maturation contrôlée de l'ananas. II. L'éthrel et son action au cours des phases ascendante et descendante de la maturité. *Fruits*, 26 (1), 23-25.
- PRATT H. K., 1974. — The role of ethylene in fruit ripening. Facteurs et régulation de la maturation des fruits. *Colloque CNRS 1-5/7/74 Paris*.
- PY C., 1959 a. — Étude sur la croissance de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 14 (1), 3-24.
- PY C., 1959 b. — Étude, dans les conditions écologiques de la Guinée, de l'action du poids du rejet à la plantation et de la date de plantation sur la croissance, le développement foliaire et la nutrition de l'ananas. Document IRFA non publié.
- PY C., 1960 a. — Influence de la date de plantation et du poids des rejets sur la croissance des plants d'ananas en Guinée. *Fruits*, 15 (10), 451-453.
- PY C., 1960 b. — Le stockage des rejets d'ananas en saison sèche. *Fruits*, 15, (1), 29-32.
- PY C., 1962 a. — Comparaison de l'urée et du sulfate d'ammoniaque pour la fumure de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 17 (2), 95-97.
- PY C., 1962 b. — Pulvérisation d'urée sur le feuillage dans le cas de l'ananas. *Fruits*, 17 (6), 285-287.
- PY C., 1962 c. — Comparaison de différentes sélections d'ananas Cayenne Lisse et de plusieurs variétés. *Fruits*, 17 (11), 559-572.

- PY C., 1963 a. — Influence du climat et de différents types de fumure sur la croissance de l'ananas en Martinique. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 49.
- PY C., 1963 b. — Recherche des meilleures époques d'application de l'engrais en culture d'ananas. *Fruits*, 18 (2), 75-77.
- PY C., 1964. — Aperçu sur le cycle de l'ananas en Martinique. *Fruits*, 19, (3), 133-139.
- PY C., 1965 a. — Travaux de recherche sur ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 87.
- PY C., 1965 b. — Approches pour combler le déficit en eau, principal facteur limitant de la culture de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 20 (7), 315-329.
- PY C., 1965. — Les différents types de rejets d'ananas. *Fruits*, 10 (1), 10-18.
- PY C., 1967. — Résultats partiels de l'essai « formation bulbilles » en Guinée. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 28.
- PY C., 1968 a. — Contribution à l'étude du cycle de l'ananas. *Fruits*, 23 (8), 403-413.
- PY C., 1968 b. — Intérêt dans la culture de l'ananas en zone humide d'une couverture du sol en polyéthylène. *Fruits*, 23 (3), 139-148.
- PY C., 1970. — Les meilleures dates de plantation des ananas en Martinique en vue de la production pour l'usine. *Fruits*, 25 (3), 199-203.
- PY C., 1973. — Résultats préliminaires de l'essai MR-27-71 : croissance couronnes-cayeux. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 172.
- PY C., 1977. — L'ananas en culture associée. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 46.
- PY C., 1978. — Lutte contre les mauvaises herbes en plantation d'ananas. 3^e Symposium sur le désherbage des cultures tropicales, Dakar-Sénégal.
- PY C., 1979. — Production accélérée de matériel végétal de plantation. *Fruits*, 34 (2), 107-116.
- PY C., 1980. — L'ananas au Sahel. Rapport de mission. Document IRFA non publié.
- PY C., 1981. — Propagation clonale de l'ananas. Congrès de Fruticulture. Guadalajara. Mexique.
- PY C., 1981. — Rapport de mission à la Réunion. Document IRFA non publié.
- PY C. et BARBIER M., 1964. — Document IRFA non publié.
- PY C. et BARBIER M., 1965. — Le cycle de l'ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 4.
- PY C. et BARBIER M., 1965. — Comparaison du type Saint-Domingue de Cayenne Lisse au type local. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 13.
- PY C. et ESTANOVE P., 1963. — Contribution à l'étude de quelques facteurs susceptibles d'influencer la multiplication des ananas par portion de souches. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 7.
- PY C. et GAILLARD J. P., 1971. — La formation et la croissance des rejets d'ananas. *Fruits*, 26 (3), 211-222.
- PY C. et GUYOT A., 1967. — Synthèse des essais de contrôle de la floraison de l'ananas aux Antilles. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 79.
- PY C. et GUYOT A., 1969. — Importance du niveau de la nutrition azotée sur la réponse de la plante à des applications d'éthrel (Essai MR.69.8). Document IRFA non publié.
- PY C. et GUYOT A., 1970 a. — La floraison contrôlée de l'ananas par l'éthrel, nouveau régulateur de croissance. *Fruits*, 25 (4), 253-262.
- PY C. et GUYOT A., 1970 b. — Étude sur l'utilisation de l'ananas en conserverie. *Fruits*, 25 (5), 349-356.
- PY C. et LOSOIS P., 1962. — Prévisions de récolte en culture d'ananas. II. Étude de corrélations. *Fruits*, 17 (2), 75-87.
- PY C. et PELEGRIN P., 1958. — Prévisions de récolte en culture d'ananas. *Fruits*, 13 (6), 243-251.
- PY C. et SILVY A., 1954. — Traitements hormones sur ananas. Méthodes pratiques pour diriger la production. *Fruits*, 9 (3), 101-123.
- PY C. et TISSEAU M. A., 1965. — L'ananas. Techniques agricoles et productions tropicales. G. P. Maisonneuve et Larose.
- PY C., GIACOMELLI E. G., LOSOIS P., 1973. — Essai densité. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 45.

- PY C., HAENDLER H., HUET R., SILVY A., 1956. — La fumure de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 11 (1), 5-20.
- PY C., LOSOIS P., KARAMKAM M., 1969. — Contribution à l'étude du cycle de l'ananas. *Fruits*, 23 (8), 403-413.
- PY C., TISSEAU M. A., OURY B., AHMADA F., 1957. — La culture de l'ananas en Guinée. *Manuel du planteur*. Éd. IRFA, 331 p.
- QUEIROZ O., 1970. — Sur le métabolisme acide des crassulacées. IV. Réflexions sur les phénomènes oscillatoires au niveau enzymatique et sur la compartimentation métabolique, sous l'action du photopériodisme. *Physiologie Végétale*, 8 (1), 75-110.
- QUEIROZ R., 1974. — Circadian rhythms and metabolic patterns. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24, 115-134.
- RAFAILLAC J. P., 1982. — Réactions de l'ananas à l'ennoyage du sol. *ORSTOM, Côte-d'Ivoire*. A paraître.
- RAFAILLAC J. P. et DE RICAUD J., 1980. — Conséquences de la durée de stockage des cayeux sur la croissance, le développement et le rendement de plants d'ananas. *Fruits*, 35 (11), 675-683.
- RAFAILLAC J. P. et DE RICAUD J., 1981. — Comportement de cayeux d'ananas au cours d'une période de stockage et dans le mois qui suit la plantation. *Fruits*, à paraître.
- RAFAILLAC J. P. et DE RICAUD J., 1982. — Compaction of sandy soil and first rooting. *ORSTOM, Côte-d'Ivoire*. A paraître.
- RAFAILLAC J. P. et DE RICAUD J., 1982. — Compaction of sandy soil and first rooting. *ORSTOM, Côte-d'Ivoire*. A paraître.
- RAFAILLAC J. P., DE RICAUD J., VERNÈDE A., 1978 a. — Compacité du sol et enracinement de l'ananas en début de cycle. *Doc. ORSTOM*, 19 p.
- RAI B. K. et SINHA A. K., 1980. — Pineapple : chemical control of mealy bug and associated ants in Guyana. *J. Econ. Entomo.*, 73 (1), 41-45.
- RAMIREZ O. O., GANDIA H. et FORTUNO Y. VELEY, 1970. — Two new pineapple varieties for Puerto-Rico. *J. Agric. Univ. of Puerto-Rico*, 54 (3).
- RAVOOF A. A., 1973. — Effects of root temperatures and nitrogen carriers on nutrient uptake, growth and composition of pineapple plants. Ph. Dissertation. *Library Univ. Hawaii*, Honolulu.
- REAL P., 1959. — Le cycle annuel de la cochenille *Dysmicoccus brevipes* CKL, vectrice d'un « wilt » de l'ananas en basse Côte-d'Ivoire. Son déterminisme. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France*, 38, 1-110.
- REIS P. R., 1975. — Mites from some tropical and subtropical fruit trees. *Bagr.*, 39 (9).
- REIS P. R., 1981. — Pragas do abacaxizeiro. *Inf. Agropec. Belo Horizonte*, 7 (74).
- REITZ P. R., 1968. — A new species of pineapple from Central Brazil. *The Bromeliad Soc. Bull.*, 18 (5), 109-111.
- REY J. Y., 1981. — Communication personnelle.
- REYNHARDT J. P. K. et VAN BLOMMESTEIN J. A., 1966. — Planting material for Queen pineapples 1957-1965. *Agric. Res. Dept. Agric. Tech. Serv., South Africa*, part 1, 2, 3, 112-115.
- REYNHARDT J. P. K. et DALLDORF E. R., 1968 a. — Queen pineapple planting material. *Farming in South Africa*, 44 (3), 27-31.
- REYNHARDT J. P. K. et DALLDORF E. R., 1968 b. — Planting material for the Cayenne pineapple. *Farming in South Africa*, 44 (2), 21-25, 27, 32.
- RIBEIRO O. K., 1978. — A source book of the genus *Phytophthora*. J. Cramer Vaduz, 417 p.
- RICARD J. et NARI J., 1966. — Les réactions d'oxygénation catalysées par la peroxydase. *Bull. Soc. Fr. Physiol. Vég.*, 12, 29-43.
- RITTER M., 1971. — Principes de lutte contre les nématodes phytoparasites. Les nématodes des cultures, 533-536.
- ROBERTSON B. L. et DALLDORF D. B., 1974. — The effect of 2-chloroethanephosphonic acid (Ethephon) on the internal colour of Smooth Cayenne pineapples. *The Citrus and Subtrop. Fruit Journal*, N° 483, March.
- ROBERTSON B. L., DALLDORF D. B., HARRISON R. A., 1971. — New growth regulator tested for ripening pineapples. *Farming in South Africa*, 47 (8), 20-21.

- ROCHELLE L. A., de CAMPOS H. et GIACOMELLI E. J., 1967. — Propagação do abacaxizeiro por meio de folhas. *Revista agricola Piracicaba* (42), 85-88.
- RODRIGUES A. E. C., KOLLER O. C. et de MUNDSTOCK E. C., 1981. — Efecto de quadro densidades de planto de quatro niveis de nitrogeno sobre o rendimento e a qualidade química da fruta do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) Merrill-Perola. *VI Congresso Brasileiro do Fruticultura*, 134-147.
- RODRIGUEZ A. G., 1932. — Influence of smoke and ethylene on the fruiting of the pineapple (*Ananas sativus* Shult). *J. Dept. Agric. Puerto-Rico*, 16, 5-18.
- ROHRBACH K. G., NAMBA R. et TANIGUCHI G., 1981. — Endosulfan for control of pineapple interfruitlet corking, leathery pocket and fruitlet core rot. *Phytopathology*, 71 (9).
- ROHRBACH K. G. et PAULL R. E., 1982. — Incidence and severity of chilling induced internal browning of waxed Smooth Cayenne pineapple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107 (3), 453-457.
- ROHRBACH K. G. et PFEIFFER J., 1974. — Field induction of marbling disease in pineapple. *Proc. Amer. Phyt. Soc.*, 1 (312), 90.
- ROHRBACH K. G. et PFEIFFER J., 1975. — The field induction of bacterial Pink disease in pineapple fruit. *Phytopathology*, 65 (7), 803-805.
- ROHRBACH K. G. et PFEIFFER J., 1976 a. — Field induction of pineapple interfruitlet corking, leathery pocket and fruitlet core rot with *Penicillium funiculosum* - *Phytopathology*, 66 (4), 392-395.
- ROHRBACH K. G. et PFEIFFER J., 1976 b. — The interaction of four bacteria causing pink disease of pineapple with several pineapple cultivars. *Phytopathology*, 66 (4), 396-399.
- ROHRBACH K. G. et PFEIFFER J., 1976 c. — Susceptibility of pineapple cultivars to fruit diseases incited by *Penicillium funiculosum* and *Fusarium moniliforme* - *Phytopathology*, 66 (12), 1386-1390.
- ROHRBACH K. G. et TANIGUCHI G., 1983. — Infection of pineapple inflorescences by *Penicillium funiculosum* and *Fusarium moniliforme* under controlled environmental conditions. Abs. Presentation 1983 Ann. Meet. Iowa State Univ. June.
- ROOSE E. J., ASSELINE Z. et coll., 1978. — Mesure des phénomènes d'érosion d'Adiopodoumé. Les charges solides et solubles des eaux de ruissellement sur sol nu et diverses cultures d'ananas. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie*, 14 (1), 43-72.
- ROOSE E. J. et LACOEUILHE J. J., 1976. — Étude du ruissellement, de l'érosion et de la lixiviation en fonction du mode d'utilisation des résidus de la culture d'ananas. *Doc. interne IRFA/ORSTOM*, 15 p.
- ROOSE E. J. et VALENTIN C., 1979. — Problèmes liés à la conservation de l'eau et des sols dans les plantations d'ananas de basse Côte-d'Ivoire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 140.
- ROSETTO C. J. et GIACOMELLI E. J. — Complexo acaro-*Fusarium* provan el problema mundial do abacaxizeiro. *Agronomico*, Campinas, 19 (11/12), 1-5.
- ROSS E. — Pineapple hay as a litter material for broilers. *Hawaii Agri. Exp. Sta. Tech. Bull.*, p. 12.
- SAKAI W. S., SANFORD W. G., 1980. — Ultrastructure of the water absorbing trichomes of pineapple (*Ananas Comosus*). *Ann. J. Bot.*, 46, 7-11.
- SAKIMURA K. A., 1966. — A brief enumeration of pineapple insects in Hawaii. Technical paper 315 du P.R.I. présenté au XI Pacific Science Congress, Tokyo.
- SALAZAR C. G., 1956. — La piña Cabezona. *Rev. Agric. Puerto Rico*, 44, (1), 51-58.
- SALE P. J. M. et NEALES T. F., 1980. Carbon dioxide assimilation by pineapple plants, *Ananas comosus* (L.) Merr. I. Effects of daily irradiance. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 7, 362-373.
- SAMUELS G., 1962. — The pH of Puerto Rico soils used for principal crops. *J. Agr. Univ. of Puerto Rico*, 46, 107-119.
- SAMUELS G., GANDIA DIAZ H., 1960. — Effect of potassium chloride and sulphate on pineapple yield and quality. *J. Agr. Univ. of Puerto Rico*, 44 (1), 16-20.
- SANCHES N. F., 1981. — Entomofauna do abacaxizeiro no Brasil. Documentos CNPMF, n° 10, novembre 81. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura.

- SANFORD W. G., 1962. — Pineapple crop log. Concept and development. *Better crops, Plant food*, 46, 32-43.
- SANFORD W. G., 1968. — Potassium builds pineapple quality. *Better crops*, 52 (1), 12-13.
- SANFORD W. G., 1971. — Communication personnelle.
- SANFORD W. G., 1978. — Communication personnelle.
- SANFORD W. G., 1979. — Communication personnelle.
- SANFORD W. G., 1981. — Communication personnelle.
- SANFORD W. G. et RAVOOF, 1971. — *Hawaii Farm Science*, n° 3.
- SARAH J. L., 1979. — Évolution des populations de *P. brachyurus* après récolte. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 63.
- SARAH J. L., 1980 a. — Utilisation de nématicides endotherapiques dans la lutte contre *P. brachyurus* (Godfrey), Nematoda, Pratylenchidae, en culture d'ananas. I. Activité préventive et curative sur les infestations racinaires par application foliaire. *Fruits*, 35 (12), 745-757.
- SARAH J. L., 1980 b. — Rapport de mission en Afrique du Sud. Document *IRFA* non publié.
- SARAH J. L., 1981 a. — Utilisation de nématicides endotherapiques dans la lutte contre *P. brachyurus* (Godfrey), Nematoda, Pratylenchidae, en culture d'ananas. II. Effets secondaires d'applications foliaires sur la phase végétative du cycle de développement de l'ananas. *Fruits*, 36 (5), 275-283.
- SARAH J. L., 1981 b. — Utilisation des nématicides endotherapiques dans la lutte contre *P. brachyurus* (Godfrey) en culture d'ananas. III. Effets secondaires d'applications foliaires sur la réponse au traitement d'induction florale et sur la floraison. *Fruits*, à paraître.
- SARAH J. L., 1982 a. — Utilisation des nématicides endotherapiques dans la lutte contre *P. brachyurus* (Godfrey), Nematoda, Pratylenchidae, en culture d'ananas. IV. Effets secondaires d'applications foliaires sur le développement des plants après le traitement d'induction florale et sur la maturation des fruits. *Fruits*, à paraître.
- SARAH J. L., 1982 b. — Utilisation des nématicides endotherapiques dans la lutte contre *P. brachyurus* (Godfrey), Nematoda, Pratylenchidae, en culture d'ananas. V. Effets des applications foliaires sur l'émission et le développement des rejets après la récolte du fruit. *Fruits*, à paraître.
- SARAH J. L., 1982 c. — Bilan des acquis dans la lutte chimique contre *Pratylenchus brachyurus* en Côte-d'Ivoire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 16.
- SATAPATHY N., 1967. — Comparative laboratory study of ensilation of pineapple tops and leaves. *Indian Food Packer, Bombay*, 21 (6), 5-9.
- SATAPATHY N., 1978. — Utilisation of pineapple cannery waste as animal feed with urea or natural source of protein. *Central Food Technological Research Inst., Mysore-India. India Veterinary Journal*, 55 (21), 149-156.
- SCHELLER U., 1961. — Studies on the symphyliid fauna of the Hawaiian Islands. *Proc. Hawaiian Ent. Soc.*, 17, 443-456.
- SCHENCK S. et ROHRBACH K. G., 1982. — Control of *Phytophthora* heart rot of pineapple with Metalaxyl and Phosethyl Al. *Phytopathology*, 72 (7), 988.
- SCHWENDIMAN J., 1980. — Communication personnelle.
- SCHWENDIMAN J., 1981. — Examens cytologiques de feuilles d'ananas (Cayenne Lisse) nécrosées par suite d'attaques de *Dolychotetranychus floridanus*. Document *GERDAT* non publié.
- SCHWABE W. W., 1979. — Organogenesis at the plant apex with special reference to the transition to flowering. *British Plant Growth Regulator Group, Monograph*. (3), 75-83.
- SENANAYAKE Y. D. A., 1974. — The efficacy of different proprietary hormone preparations on flowering of pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. cv Kew. *J. of Nat. Agric. Soc. of Ceylon*, 11-12, 103-105.
- SENANAYAKE Y. D. A. et FERNANDO L. P. F., 1977. — The roots of pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. cv Kew under plant competition and moisture variation. *J. of Nat. Agri. Soc. of Ceylon*, 14, 59-68.
- SEOW K. K. et WEE Y. C., 1970. — The leaf bud method of vegetative propagation in pineapple. *Malay. Agric. J.*, 47, 499-507.
- SHIROMA M., 1972. — Air temperature in Okinawa and vegetative growth of pineapples. *Sciences Bull., College Agric. Univ. of the Ryukyus*, 19, 363-377.

- SHON KUNG SUN, 1971. — A study of black heart diseases of the pineapple fruit. *Plant Protect Bull. China*, 13 (2), 39-48.
- SHULTZ E., SETT M., 1977. — Études sur l'utilisation de déchets d'ananas de fabriques de conserves pour l'engraisement des bovins et des porcs. Colloque Bouaké, 18-22/4/77, Côte-d'Ivoire.
- SIDERIS C. P., 1926. — Review of physiological and pathological studies on the pineapple plant. *Exp. Sta. Univ. of Hawaii*, Research Report, n° 8.
- SIDERIS C. P., 1940. — Distribution of nitrogenous and carbohydrates fractions and other substances in exposed and covered pineapple sister sheets. *Plant Physiol.*, 15, 225-254.
- SIDERIS C. P., 1950. — Manganese interference in the absorption and translocation of radioactive iron in *Ananas comosus* (L.) Merr. *Plant Physiol.*, 25, 307-321.
- SIDERIS C. P., 1955. — Effects of sea water sprays on pineapple plants. *Phytopathology*, 45, 590-594.
- SIDERIS C. P. et KRAUSS B. H., 1928. — Water relations of pineapple plants. *Soil Science*, 26, 305-315.
- SIDERIS C. P. et KRAUSS B. H., 1933. — Physiological studies on the factors influencing the quality of pineapple fruits. I. Physicochemical variations in the tissues of ripe pineapple. *Pineapple Quarterly*, 3, 82-114.
- SIDERIS C. P. et KRAUSS B. H., 1934. — Preliminary studies on the growth and water absorption behaviour of pineapple roots. *Pineapple Quarterly*, 4 (1), 42-47.
- SIDERIS C. P. et KRAUSS B. H., 1936. — The classification and nomenclature of groups of pineapple leaves, sections of leaves and section of stems based on morphological and anatomical differences. *Pineapple Quarterly*, 6, 135-147.
- SIDERIS C. P., KRAUSS B. H., 1937. — The growth of pineapple plants in complete water cultures with either ammoniac or nitrate salts. *Growth*, 1, 204-210.
- SIDERIS C. P. et KRAUSS B. H., 1938. — Growth phenomena of pineapple fruits. *Growth*, 2 (2), 181-196.
- SIDERIS C. P., KRAUSS B. H. et YOUNG H. Y., 1936. — Effects of light intensity on the time of fruit harvest, yield and quality pineapple. *Pineapple Quarterly*, 6, 56-66.
- SIDERIS C. P. et YOUNG H. Y., 1945 a. — Effects of different amounts of potassium on growth and ash constituents of *Ananas comosus* (L.) Merr. *Plant Physiol.*, 20, 609-630.
- SIDERIS C. P. et YOUNG H. Y., 1945 b. — Effects of potassium on chlorophyll, acidity, ascorbic acid and carbohydrates of *Ananas comosus* (L.) Merr. *Plant Physiol.*, 20, 649-670.
- SIDERIS C. P. et CHUN H. H., 1947. — Effects of nitrogen on the nitrogenous fractions of *Ananas comosus*. *Plant Physiol.*, 22, 127-148.
- SIDERIS C. P. et YOUNG H. Y., 1950. — Growth of *Ananas comosus* (L.) Merr. at different levels of mineral nutrition under greenhouse and field conditions. I. Plant and fruit weights and absorption of nitrate and potassium at different growth intervals. *Plant Physiol.*, 25, 594-616.
- SIDERIS C. P. et YOUNG H. Y., 1951. — Growth of *Ananas comosus* (L.) Merr. at different levels of mineral nutrition under greenhouse and field conditions. II. Chemical composition of the tissues at different growth intervals. *Plant Physiol.*, 26, 456-474.
- SIDERIS C. P. et YOUNG H. Y., 1954. — Effects of chlorides on the metabolism of pineapple. *Ann. J. Bot.*, 41, 847-854.
- SIDERIS C. P. et YOUNG H. Y., 1956. — Pineapple chlorosis in relation to iron and nitrogen. *Plant Physiol.*, 31, 211-222.
- SIDERIS C. P., YOUNG H. Y. et CHUN H. H. Q., 1948. — Diurnal changes and growth rates as associated with ascorbic acid, titrable acidity, carbohydrate and nitrogenous fractions in the leaves of *Ananas comosus* (L.) Merr. *Plant Physiol.*, 23, 38-69.
- SILVERSTEIN R. M., 1967. — Pineapple flavor, in: Schultz. *Chemistry of flavors* Avi. Pub. Co. chap. 2A, p. 450-461.
- SILVERSTEIN R. M., 1971. — The pineapple flavor in Hulme : *Biochemistry of fruits and their products*. II. Acad. Press., chap. 9 B, 325-331.

- SILVY A., 1954. — Le développement de l'inflorescence de l'ananas. *Doc. interne IRFA*.
- SILVY A., 1955. — Action de l'ablation de la couronne. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, 79-81.
- SINGH H. P. et RAMESHWAR A., 1976. — Efficacy of calcium carbide in inducing flowering in pineapple in Maluad area of South India. *Indian Journal of Horticulture*, 51 (2), 157-159.
- SINGH H. P. et SRIVASTAVA, 1966. — Study in the rootage of pineapple with the aid of certain growth regulators. *Indian Journal of Horticulture*, 132-135.
- SINGH H. P. et YADAV I. S., 1980. — Ways of quick multiplication of pineapple. *Indian Horticulture*, 25 (2), 7-9, 28.
- SINGH H. P., DASS H. C., GANAPATHY K. M. et SUBRAMANIAN T. R., 1977. — Nitrogen requirement of pineapple under irrigated and rainfed conditions. *Indian Journal of Horticulture*, 34 (4), 377-384.
- SINGLETON V. L., 1957. — *Univ. of Hawaii*, Research Report, n° 49.
- SINGLETON V. L., 1959. — *Univ. of Hawaii*, Research Report, n° 69.
- SINGLETON V. L., 1965. — Chemical and physical development of the pineapple fruit. I. Weight per fruitlet and other physical attributes. *J. Fd. Sci.*, 30, 98-104.
- SINGLETON V. L. et GORTNER W. A., 1965. — Chemical and physical development of the pineapple fruit. II. Carbohydrate and acid contents. *J. Fd. Sci.*, 30, 19-23.
- SITA G. L., SINGH R. et IYER C. P. A., 1974. — Plantlets through shoot-tip cultures in pineapple. *Current Science*, 43, 724-725.
- SMITH D. H., 1969. — Effect of fumigants on the soil statut and plant uptake of certain elements. *Soil Science Society of America Proceedings*, 27 (5), 538-541.
- SMITH K. M., 1973. — A textbook of plant virus diseases. *Academic Press*, New York and London.
- SMITH L. B., 1939. — Notes on the taxonomy of *Ananas* and *Pseudananas*. Botanical Museum leaflets. *Harward Univ.*, 7 (5), 73-81.
- SMITH L. B., 1979. — *Flora Neotropica*, 14, part. 3, 2048-2064.
- SMITH L. B., 1982. — Communication personnelle.
- SMITH M. R. et SARIG Y., 1977. — Design and performance characteristics of equipment for harvesting pineapple plants for livestock feed. *American Society of Agricultural Engineers, Animal meeting, North Carolina State Univ.*
- SOLER A., 1982. — Communication personnelle.
- SOUTO G. F. et MATOS A. P., 1978. — Metodo para avaliar resistencia a *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* em abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 1 (2), 23-30.
- SRIVASTAVA R. P., 1963. — Hunger signs in pineapple. *Fertilizer News*, 8-9, 7-11.
- STAMBAUCH S. V., 1977. — Esmeralda pineapples. Culture and new propagation methods from Jamaica. *Proc. Flo. State Hort. Soc.*, 68, 284-288.
- STANLEY R. W., 1962. — Pelleted pineapple hay for dairy cattle. *Hawaii Farm Science, Agric. Progress Quarterly*, 11 (3).
- STANLEY R. W. et MORITA K., 1966. — An evaluation of pineapple silage for dairy cattle. *Hawaii Agric. Exp. Sta. Tech. Progr.*, rep. 150, 32 (1), 11 p.
- STEYN W. J. A., 1959. — Leaf analyses, errors involved in the preparative phase. *J. Agric. Food Chem.*, 7, 344-348.
- SU N. R., 1959. — The response of pineapples to the application of potassium chloride. *Soils and Fertilizers*, 22 (2), 152.
- SU N. R., 1960. — Research on fertilization of pineapples in Taiwan and some associated cultural problems. *Soc. Soil Sci. Fert. Techn. Taiwan*, publication n° 1, 184 p.
- SU N. R., 1961. — Potassium requirements of formosan pineapple soils. *Soils and Fertilizers*. Taiwan, 60-73.
- SU N. R., 1969. — Research on fertilization of pineapples in Taiwan and some associated cultural problems. *Soc. Soil Sci. Fert. Techn. Taiwan*, publication n° 1, 185 p. et *Ph. D. Hokkaido Univ. Japan*.
- SU N. R., 1975. — Micronutrient problems in pineapples. *Food and Fertilizer Technology Center. Extension Bull.*, n° 51, 13 p.

- SU N. R. et CHIANG W. N., 1960. — Effects of difference in the form of potash in pineapple. *Soc. Soil Sci. Fert. Techn. Taiwan*, 78.
- SU N. R. et LI C. Y., — Comparison of two potassium salts as regards their effects on yield and quality of pineapple fruits. *J. Agric. Ass. of China*, 39, 31-42.
- SUBRA P., 1982. — Étude de l'évolution de la production de conserves d'ananas contrôlée par les USA et de leur consommation. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 31.
- SUPLYC N., FILHO *et al.*, 1966. — Experiencias sobre o controle químico da broca do fruto do abacaxizeiro *Thecla basilides* (Geyer), Lepidoptera, Lycaenidae. *Biologico*, 32 (122-126).
- SU-SHIEN M. A., 1968. — Decapitation method for the rapid multiplication of pineapples. *J. Hort. Soc. of China* (16), 31-35.
- TAN TEK HENG, 1963. — An investigation in the preparation of pulp from sugar-cane bagasse blended with pineapple leaves. *Manila Adamson Univ.*, 21 p.
- TAY T. H., 1974 a. — Boron deficiency in pineapple. *MARDI Res. Bull.*, 2 (1), 46-48.
- TAY T. H., 1974 b. — Effect of water growth and nutrient uptake of pineapple. *MARDI Res. Bull.*, 2 (2), 31-49.
- TAY T. H., TAN K. M., 1971. — Leaf area and growth studies of pineapple Malaya. *Pineapple*, 1, 11-21.
- TAY T. H., WEE C., 1972. — Liming of pest soils and its effect on pineapple Malaya. *Pineapple*, 2, 53-59.
- TAY T. H., WEE Y. C. et CHONG W. S., 1968. — The nutritional requirements of pineapple on peat soil in Malaya. I. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yield sugar and acid content of the fruit. *Malay. Agric. J.*, 46, 458-468.
- TEISSON C., 1972. — Étude sur la floraison naturelle de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 27 (10), 699-704.
- TEISSON C., 1973 a. — Étude comparative de la rhizogénèse des couronnes et des cayeux. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 145.
- TEISSON C., 1973 b. — Rhizogénèse des couronnes et cayeux. Reconstitution du système racinaire. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 161.
- TEISSON C., 1973 c. — Développement et croissance de l'inflorescence d'*Ananas comosus* (cv Cayenne Lisse). *Fruits*, 28 (6), 433-439.
- TEISSON C., 1973 d. — Essais ombrage du fruit. État nutritif et qualité du fruit. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 47 et 141.
- TEISSON C., 1973 e. — Essai de fumure après traitement de floraison. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 162.
- TEISSON C., 1974. — Document *IRFA* non publié.
- TEISSON C., 1976. — Document *IRFA* non publié.
- TEISSON C., 1977. — Le brunissement interne de l'ananas. Thèse Doctorat État, Abidjan, 183 p.
- TEISSON C., 1979 a. — Quelques observations sur le métabolisme crassulacéen. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 12.
- TEISSON C., 1979 b. — Un nouveau générateur d'éthylène : le Bayer HOL 1274. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 9.
- TEISSON C., 1979 c. — A la recherche d'un traitement d'induction florale de l'ananas par voie solide. *Fruits*, 34 (9), 515-523.
- TEISSON C., 1979 d. — Essais 519 et 549 : effets d'un ombrage excessif sur la qualité du fruit. Document *IRFA* non publié.
- TEISSON C., 1979 e. — Documents *IRFA* non publiés.
- TEISSON C., 1979 f. — Rapport de visite aux îles Hawaiï. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 103.
- TEISSON C., 1979 g. — Le brunissement interne de l'ananas. I et II. *Fruits*, 34 (4), 245-261.
- TEISSON C., 1981. — Documents *IRFA* non publiés.
- TEISSON C. et PINON A., 1979. — Utilisation du chlorure de potasse en culture d'ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 102.
- TEISSON C., COMBRES J. C., MARCHAL J. et MARTIN-PREVIL P., 1979 a. — Le brunissement interne de l'ananas. III et IV. *Fruits*, 34 (5), 315-339.

- TEISSON C., LACOEUILHE J. J., COMBRES J. C., 1979 b. — Le brunissement interne de l'ananas. V. Recherche des moyens de lutte. *Fruits*, 34 (6), 399-415.
- TERRY R. M., 1975. — Use of plant growth regulators in Hawaii on pineapple. *Hawaii Agric. Exp. Sta. Misc. Publ.*, 124, 37-39.
- THOMPSON A., 1937. — Pineapple fruit rots in Malaya. A preliminary report on fruit rots of the Singapore canning pineapple. *Malay Agric. J.*, 25 (10), 407-420.
- TISSEAU M. A., 1958. — La protection des ananas contre les coups de soleil. *Fruits*, 13 (11), 495-501.
- TISSEAU M. A., 1959. — La déficience en cuivre et en zinc chez l'ananas : le « crook neck ». *Fruits*, 14 (9), 363-367.
- TISSEAU M. A., 1965. — Communication personnelle.
- TISSEAU M. A., 1966. — Les traitements de floraison de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Bull. Inf. Azaguié* (3), 6-11.
- TISSEAU M. A., 1967. — Variation des températures au niveau des racines de l'ananas en fonction de la couverture du sol. Document *IRFA* non publié.
- TISSEAU M. A., TISSEAU R., 1971. — Application de la potasse sur ananas après différenciation de l'inflorescence. *Fruits*, 26 (12), 823-829.
- TISSEAU M. A., GODEFROY J. et GUÉROUT R., 1969. — Action des plantes améliorantes en culture d'ananas. I. Bilan agronomique. II. Bilan pédologique. III. Bilan nématologique. *Fruits*, 24 (5), 241-246 ; 24 (7-8), 380-386 ; 24 (9-10), 436-443.
- TISSEAU R., 1963. — Variations de l'acidité et de l'extrait sec des jus frais d'ananas en Basse Côte-d'Ivoire au cours de la campagne de production 1962-1963. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 3.
- TISSEAU R., 1967. — Effet de la carence en magnésium sur la teneur en sucre des ananas cultivés en hydroponique. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 6.
- TISSEAU R., 1970. — Symptômes de carences sur des plants d'ananas cultivés en hydroponique. Carences totales et partielles en éléments majeurs. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 73.
- TISSEAU R., 1970. — Symptômes de carences sur des plants d'ananas cultivés en hydroponique. Carences totales en oligo-éléments. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 74.
- TISSEAU R., 1971. — Conduite de cultures expérimentales d'ananas. I. Le système hydroponique de l'Anguédédou. *Fruits*, 26 (4), 279-285. — II. Recherche d'une alimentation adaptée aux besoins du plant. *Fruits*, 26 (6), 421-433.
- TISSEAU R., 1973. — Test d'application d'éthrel sur ananas destinés à la conserverie. Sénescence des fruits sur pieds. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 113.
- TISSEAU R., 1977. — Activité protéolytique de l'ananas utilisé en conserverie et de ses déchets. Recherche d'une technique simplifiée d'extraction de la broméline. *Fruits*, 32 (2), 87-92.
- TISSEAU R., 1978. — États des travaux sur l'extraction de la broméline et déchets de conserverie d'ananas en 1978. Document *IRFA* non publié.
- TISSEAU R., 1979. — Fabrication de broméline brute à partir de déchets de conserverie d'ananas. Document *IRFA* non publié.
- TISSEAU R., 1980. — L'étude de fabrication de broméline. Document *IRFA* non publié.
- TISSEAU R., 1982. — Communication personnelle.
- TISSEAU R., 1982. — Surmaturation interne des ananas de Côte-d'Ivoire. Le « jaune ». Incidence sur la qualité gustative des fruits commercialisés en France. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 1.
- TISSEAU R. et SOLER A., 1982. — Effet de l'enrobage de cire à la récolte sur la qualité des ananas commercialisés. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 2.
- TISSEAU R., TEISSON C. et SOLER A., 1982. — Surmaturation interne des ananas de Côte-d'Ivoire. Le « jaune ». *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 1.
- TISSEAU R., TEISSON C., SOLER A., HUET R. et CROCHON M., 1981. — Recherches sur la qualité des ananas. Colloque sur l'Agro-industrie du 3/12/81. Document *IRFA* non publié.
- TOIT P. F. du, 1979. — Prevention of sunburn. *Inf. Bull. Citrus and Subtrop. Fruit Res. Inst.* (80), 8-9.

- TOMLINSON P. B., 1969. — Anatomy of the Monocotyledons. III. Commeliales. Zingiberales. Oxford Clarendon Press, 446 p.
- TOPPER B. F., 1952. — How to grow pineapples. *Jamaica Dept. Agric. Ext. Circ.*, 49, 1-20.
- TRETO E., GONZALES A., GOMEZ J. M., 1974. — Étude de différentes densités de plantation chez la variété d'ananas Española Roja (Red Spanish) à Cuba. *Fruits*, 29 (4), 279-284.
- UHLNBROEK et BIZLOO, 1958. — Investigations on nematocides. I. Isolation and structure of a nematocidal principle occurring in Tagetes roots. *Recueil des Trav. Chim. Pays-Bas/Belgique*, 77, 1004-1008.
- UHLNBROEK et BIZLOO, 1959. — Investigations on nematocides. I. Structure of a second nematocidal principle isolated from Tagetes roots. *Recueil des Trav. Chim. Pays-Bas/Belgique*, 78, 382-390.
- VALENTE M., 1982. — Application de la cryoconcentration à l'amélioration de la qualité des sorbets (essais sur ananas). *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 35.
- VAN LELYVELD L. J., 1957 a. — Report on official visit to principal pineapple producing countries of the world, april-august 1957. *Division of Hort. U of S. Afr. Dept. of Agric.* — Document non publié.
- VAN LELYVELD L. J., 1957 b. — Sun scald. Most dreaded enemy. *Farming in South Africa*, 28-32.
- VAN LELYVELD L. J. et de BRUYN J. A., 1976. — Sugars and organic acids associated with black heart in Cayenne Pineapple fruits. *Agrochemophysica*, 8 (4), 65-68.
- VAN LELYVELD L. J. et de BRUYN J. A., 1977. — Polyphenols, ascorbic acid and related enzyme activities associated with black heart in Cayenne pineapple fruits. *Agrochemophysica*, 9 (1), 1-5.
- VAN OVERBEEK J., 1945. — Flower formation in the pineapple plant as controlled by 24-D and naphtalene-acetic acid. *Science*, 102, 621.
- VAN OVERBEEK J., 1946. — Control of flower formation and fruit size in the pineapple. *Bot. Gaz.*, 108 (1), 64-73.
- VAN OVERBEEK J. et CRUZADO H. J., 1948 a. — Note on flower formation in the pineapple induced by low night temperatures. *Plant Physiol.*, 23 (3), 282-285.
- VAN OVERBEEK J. et CRUZADO H. J., 1948 b. — Flower formation in the pineapple plant by geotropic stimulation. *Aver. J. Bot.*, 35, 410-412.
- VEKI K. — Studies of the control of nutsedges (*Cyperus rotundus* L.) on the germination of a tuber. *Proc. 2nd Asian Pacific weeds control interchange*, 355-361.
- VENTURA J. A., 1979. — Epidemiological aspects of the pineapple *Fusarium* disease in Espirito Santo-Brazil. Setor de Fitopatologia. EMCAPA. Vitoria (ES). *Colloque Internat. sur la protection des cultures tropicales*, juillet 1981.
- VENTURA J. A. et MAFFIA L. A., 1980. — Associação de *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* com adultos de *Lagria villosa* Fab. (Coleoptera, Lagriidae). EMCAPA, Vitoria (ES).
- VENTURA J. A., ARLEU R. J., MAFFIA L. A. et NOBREGA A. C., 1980. — Efeito de lesao do acaro (*Dolichotetranychus floridanus* Banks) na infecção de *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* em folhas de abacaxizeiro. EMCAPA, Vitoria (ES).
- VENTURA J. A. et al., 1978. — Sobrevivencia de *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* em restos culturais de Abacaxizeiro em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira*, 4 (1).
- VENTURA J. A., MAFFIA L. A. et CHAVES G. M., 1981. — Field induction of fusariosis in pineapple fruit with *Fusarium moniliforme* Sheld var. *subglutinans* W. R. *Fruits*, 36 (11), 707-710.
- VENTURA J. A., 1982. — Communication personnelle.
- VIEIRA A. et de SARMENTO GADELHA R. S., 1981. — Avaliação de efeito da aplicação do acido clorofenoxipropionico (Fruitone CPA) no fruto do abacaxi cultivar Smooth Cayenne. VI. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1, 89-94.
- VILARDEBO A., 1955. — La cochenille de l'ananas *Pseudococcus brevipes* CKL et le wilt qu'elle provoque. *Fruits*, 10 (2), 59.

- VILARDEBO A. et GUÉROUT R., 1966. — Tests insecticides avec *Dysmicoccus brevipes* CKL, cochenille farineuse de l'ananas. *Fruits*, 21 (1), 5-18.
- VILARDEBO A. et GUÉROUT R., 1975. — Évolution des populations dans les racines d'ananas au cours du cycle de la culture. Document interne IRFA.
- VUILLAUME C., 1982. — Communication personnelle.
- VUILLAUME C., 1982. — Contribution à l'étude des « taches noires » sur l'ananas Victoria à la Réunion. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 34.
- VUILLAUME C. et BOURDEAUT J., 1979. — Document IRFA non publié.
- WANG H. et CHANG S. M., 1957. — The distribution and characteristics of the more important groups of Cayenne pineapple strains in Taiwan. *Agric. Res. Taipei*, 7, 7-12.
- WANG H. et CHANG S. M., 1960. — A comparison of the four types of Smooth Cayenne pineapple. *Rep. Taiwan Agric. Res. Inst.*, 10, 7.
- WANG H., CHANG S. M. et HUANG C. C., 1958. — The stump section propagation of pineapple. *Taiwan Agric. Res. Inst.*, 12.
- WAKASA Kyo et al., 1978. — Differentiation from in vitro culture of *Ananas comosus*. *Japan. J. Breed.*, 28 (2), 113-121.
- WAKASA Kyo, 1979. — Variation in plants differentiated from the tissue culture of pineapple. *Nat. Inst. of Agric. Sci., Atate Ibaraki* 300-21. *Japan J. Breed.*, 29 (1), 13-22.
- WARNER H. L. et LEOPOLD A. C., 1969. — Ethylene evolution from 2-chloro-ethyl phosphonic acid. *Plant Physiol.*, 44, 156-158.
- WATANABE S. et NAKAGAWA K., 1966. — Induction of flowering in pineapple by carbon monoxide. *Jap. J. of Trop. Agric.*, 10 (2), 86-89.
- WATSON B. J., 1974. — Chemical induced slips. *Queensland Fr. Veget. News*, 260, 266.
- WATSON E. A., 1932. — Plant propagation. *Trop. Agric.*, 9 (2), 35-37.
- WEBSTER G. S., 1975. — Pineapple cultivation. *Fiat Lux.*, nov., 15-17.
- WEE Y. C., 1972. — Some common pineapple cultivars of West Malaysia. *Malay. Pineapple*, 7, 13.
- WEE Y. C., 1969. — Planting density trials with *Ananas comosus* (L.) Merr. var. Singapore Spanish. *Malay. Agric. J.*, 47, 164-174.
- WEE Y. C., 1974. — The Masmerah pineapple. A new cultivar for the Malaysian pineapple industry. *World Crops*, 26 (2), 64-67.
- WEE Y. C. et RAO A. B. N., 1979. — Development of the inflorescence and « crown » of *Ananas comosus* after treatment with acetylene, NAA and ethephon. *Amer. J. Bot.*, 66, 4, 351-360.
- WHITMAN P. C. et KOLLER D., 1967. — Species characteristics in whole plant resistances to water vapor and CO₂ diffusion. *J. Appl. Ecol.*, 4, 363-377.
- WOLFENBARGER D. O. et SPENCER H., 1951. — Insect control on pineapple plants. *Univ. of Florida, Circulaire* 536, 2-6.
- WU W. L., 1966. — Study on induced pineapple flowering by calcium carbide treatment. *Taiwan Agric. Quarterly*, 2 (2), 42-46.
- YAMADA Y., WITTWER S. H. et BUKOVAC M. S., 1965. — Penetration of organic compounds through isolated cuticular membranes with special reference to C¹⁴ urea. *Plant Physiol.*, 40, 170-175.
- YI LING Y., 1974. — Diurnal variation in flowering response of pineapple plants to application of acetylene, naphthalene-acetic acid and beta-hydroxyethyl hydrazine-Internat. Confer. on Tropical and Subtropical Agriculture. *Abstract of Tropical Agriculture*, 29 (7), 520.
- YI LONG Y. et YUENG-CHIN W., 1972. — Emergence of pineapple fruitlet core rot and marbled fruit in relation to certain weather conditions. *Inter. Conf. Trop. Subtrop. Agric.*, 230-234.
- YOKOI Y., 1976. — Growth and reproduction in higher plants. I. Theoretical analysis by mathematical models. *Bot. Mag.*, Tokyo, 89, 1-14.
- YOST R. S. et FOX R. L., 1979. — Contribution of mycorrhizae to P nutrition of crops growing on an oxisol. *Agronomy Journal*, 71 (6), 903-908.

- YOT P., 1967. — Induction de la floraison par l'acétylène chez l'ananas. *Réunion Annuelle IRFA, doc. interne*, n° 113.
- YOW Y. L., 1959. — The time of maturity for the summer crop of pineapple in relation to climatic and cultural conditions. *J. Agric. Ass. of China* (27), 282-285.
- ZEYEN G., 1951. — La culture de l'ananas dans l'île de São Miguel. Açores. Hambourg, 1, Fruchof.
- ZENTMYER G. A., 1980. — *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. *Amer. Phyt. Soc. Monograph.* (10), 96 p.

LISTE ALPHABÉTIQUE DES SOUSCRIPTEURS DE PLANCHES EN COULEUR LEURS ACTIVITÉS PRINCIPALES

A. V. M. FRUITS. — Quai des Usines - 112/154 Werkhuizenkaai - Bruxelles 1020 (Belgique).

Importation, conditionnement et commercialisation de fruits dont beaucoup de fruits tropicaux (ananas, bananes...) en Belgique et dans l'Europe du Nord - Centre de conditionnement très moderne à Lebbeke.

BAYER A. G. — Sparte Pflanzenschutz - 5090 Leverkusen Bayerwerk (Allemagne Fédérale).

Fabricant/fournisseur pour la culture de l'ananas des produits suivants : Phenamiphos (Nemacur); Triadimefon (Bayleton); Disulfoton (Disyston); Isofenphos (Oftanol); Omethoate (Folimat); Phoxim (Volaton); Engrais liquides et oligo-éléments.

BOBARD Jeune S. A. — 17, rue de Réon - 21204 Beaune Cedex (France).

Constructeur de tracteurs enjambeurs toute culture : vigne, pépinière, cultures tropicales (ananas, etc.) avec équipements et pulvérisateurs spécialisés - machines à vendanger.

CAUSTIER France. — Route de Prades - 66000 Perpignan (France).

Constructeur de matériel agro-alimentaire. Étudie, réalise et adapte pour tout fruit et légume frais ou en conserve des lignes complètes ou partielles, des équipements spéciaux et des prototypes. Pour les conserveries d'ananas Caustier-France fabrique et commercialise tous les équipements dont désormais les cylindreuseuses-écreuseuses « Dulieu ».

CHEVRON CHEMICAL Cie. — 12, rue de Penthièvre - 75008 Paris (France).

Fabricant de Captafol (Difolatan *).

* Marque déposée Chevron Chemical Company.

CIBA-GEIGY Division Agriculture. — CH 4002 Bâle (Suisse).

Commercialise pour la culture d'ananas les produits suivants : Amétryne (Gesapax); Metolachlore (Dual); Diazinon (Basudine); Methidathion (Ultracide); Metalaxyl (Ridomil); Ethephon (Ethrel).

COMPAGNIE FRANÇAISE DES PRODUITS INDUSTRIELS. — 28, boulevard Camelinat - B. P. 75 - 92233 Gennevilliers Cedex (France).

Fabricant d'ethephon (éthrel*) et de divers autres régulateurs de croissance.

* Marque déposée « Union Carbide Agricultural Products Company Inc. ».

COMPAGNIE FRUITIÈRE. — 33, boulevard Ferdinand-de-Lesseps - 13014 Marseille (France).

Importation, conditionnement et commercialisation de fruits tropicaux : ananas, bananes, avocats, mangues, citrons verts...

DU PONT DE NEMOURS INTERNATIONAL S.A. — 78-82, route des Acacias - CH 1211 Genève (Suisse).

Fabricant du Bromacil (Hyvar *), Diuron (Karmex *) et Oxamyl (Vydate *) sous différentes formulations.

* Marque déposée Du Pont de Nemours International S.A.

ÉTABLISSEMENTS AZOULAY. — 2, rue des Tropiques - Entrepôt 108 - 94538 Rungis Cedex (France).

Importation, conditionnement et commercialisation de tous fruits tropicaux (ananas, avocats, bananes, mangues, litchis, citrons verts...).

ÉTABLISSEMENTS E. G. LEAU. — 3, rue Rosenwald - 75015 Paris (France).

Constructeur de matériel pour conserverie d'ananas : bac de lavage, élévateur, table de triage, tapis roulant, cylindreuse-écœureuse « Dulieu », trancheuse, table de parage et d'emboîtement, broyeur de peaux...

F. T. K. FRUIT TRANSITOKANTOOR. — Industrieweg 40 - 3044 CB Rotterdam - Groothandelsmarkt - P.O.B. 11080 - Rotterdam (Hollande).

Succursales : Londres et Hambourg.

Importation, conditionnement, commercialisation de fruits et légumes dans toute l'Europe - Département spécialisé en fruits tropicaux et exotiques : kiwis, ananas, avocats, mangues, légumes de contre-saison.

FRUITS UNIS S.A. — 5, rue de la Corderie - B. P. 315 - 94152 Rungis Cedex (France).

Importation, conditionnement et commercialisation de fruits tropicaux : ananas, avocats, mangues, agrumes, bananes...

GERDAT (GROUPEMENT D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRONOMIE TROPICALE). — 42, rue Scheffer - 75016 Paris (France).

Centre de recherches et de formation en agronomie tropicale.

INSTITUT INTERNATIONAL DE LA POTASSE. — B. P. 41 - CH 3048 Worblaufen - Berne (Suisse).

S'est donné comme mission de promouvoir des recherches sur la fertilité des sols et de rationaliser l'utilisation des engrais, plus particulièrement des engrais potassiques.

NORDON et Cie. — 9, avenue du XX^e Corps - B. P. 441 - 54001 Nancy Cedex (France).

Constructeur et ensambleur pour usines agro-alimentaires clés en main - tuyauterie industrielle dans les domaines nucléaires, thermiques, chimiques et pétrochimiques - chaudron série lourde - brasserie, malterie et levurerie.

PENNWALT France - DECCO Département. — 1, rue des Frères Lumière - B. P. 32 - 78370 Plaisir (France).

Fabrication, commercialisation en culture d'ananas de : Diazinon micro-encapsulé (Knox-out 2 F.M.). Spécialités de traitement de pré-récolte : fongicides, insecticides. Spécialités de traitement en post-récolte : fongicides, cires.

POMONA IMPORT. — 21, rue du Pont Neuf - 75039 Paris Cedex 01 (France).

Importation, conditionnement et commercialisation de fruits tropicaux : ananas, bananes, avocats, mangues, kiwis, fruits de la passion, limes, goyaves, papayes, litchis, noix de coco...

RHONE-POULENC AGROCHIMIE. — 14-20, Rue Pierre-Baizet - B. P. 9163 - 69263 Lyon Cedex (France).

Fabricant/fournisseur de :

Bromacil (Hyvar X) ; Dimethoate (Daphène) ; Diuron (Karmex) ; Ethoprop (Mocap) ; Ethylparathion (Paraphène liquide) ; Phosethyl Al (Aliette).

SANDOZ S. A. — CH 4002 Bâle (Suisse).

Fabricant de Formothion (Anthio), fournisseur d'une gamme de pesticides utilisés en culture d'ananas.

SOPRA. — Filiale de la Division Protection des Plantes de I. C. I. (Imperial Chemical Industries) — 8, avenue Réaumur - B. P. n° 208 - 92142 Clamart Cedex (France).

Fabricant/fournisseur de toute une gamme de pesticides [herbicides — dont le Fluazifop-butyl (Fusilade) — insecticides, fongicides, acaricides...].

SOCIÉTÉ COOPÉRATIVE AGRICOLE ET FRUITIÈRE DE MORNE ROUGE (SOCOMOR). — 97260 Morne Rouge - Martinique (Antilles).

Fabricant de toute une gamme de conserves d'ananas.

SOCIÉTÉ DES ANANAS DE COTE D'IVOIRE (SALCI). — B. P. 1 - Ono - Abidjan (Côte d'Ivoire).

Fabricant de toute une gamme de conserves d'ananas.

SOCIÉTÉ D'IMPORTATION FRANCO-ANTILLAISE (SIFA). — Bât. d 9 - 20, rue de Provence - B. P. 332 - 94153 Rungis Cedex (France).

Importation, conditionnement et commercialisation de fruits tropicaux . bananes, ananas, avocats, mangues...

TECNOMA S. A. — 54, rue de l'Électricité - 51206 Epernay (France).

Constructeur de toute une gamme d'appareils de pulvérisation dont ceux adaptés aux tracteurs enjambeurs « Derot ».

INDEX MATIÈRES

Légende : signification de «/» :

- par rapport à
- en fonction de
- en relation avec

P : photo

Chiffres gras : les pages les plus importantes à considérer.

Abacaxi — origine du terme (voir également *Pernambuco*) : 17, 96.

Acacia albida : 269.

Acaricides : 244, 366.

Acariens (voir : *Dolichotetranychus floridanus* et *Steneotarsonemus ananas*).

Acetobacter : 209.

Acetobacter aceti : 206.

Acetomonas oxydans (voir : *Gluconobacter oxydans*).

Acétylène : 8, 85, 86, 379.

Acide alpha-naphtyl-acétique (ANA ou SNA) : 84, 89, 90, 102, 103, 380, 384, 386, 412.

Acide aminé : 54.

Acide 1 aminocyclopropane 1 carboxylique (ACC) : 383.

Acide ascorbique : 31, 55, 99, 165, 168, 174, 175, 178, 429.

Acide benzoïque : 345-347.

Acide-2-Chloroethanephosphonique (ethephon) : 84, 87, 89, 90, 102, 285, 348, 381, 393-397, 412.

Acide 2-3-chlorophenoxypropionique (3 CPA) : 103, 386.

Acide 2-4-dichlorophenoxyacétique (2-4 D) : 102, 382, 386.

Acide malique : 56, 67.

Acide 2-4-5-trichlorophénoxyacétique (2-4-5 T) : 103.

Acidité du fruit (voir : *Fruit-acidité*).

Adoretus ictericus, *A. sinicus*, *A. tessulatus* : 246-247.

Adventices : 250-252, 269, 297, 300, 327, 403, 404, 408 ; P 126.

Adventices — approche pour contrôle, lutte contre : 252, 368-376 ; P 133.

Adventices — bio-écologie, 250, 251.

Aeremchyne : 43, 45, 47.

Alcool — co-produit : 447, 450.

Aldicarbe : 351, 358-364.

Aldrine : 354.

Aliment bétail — co-produit : 450-452, 455-457 ; P 186.

Aluminium : 132.

Amélioration génétique : 31-35, 401.

Aménagement — préparation du terrain : 119, 271-275, 293-301, 324-325, 350, 371 ; P 106, P 110.

Amendements — fumure de fond : 299.

Amétryne : 300, 368-376.

Amidon : 39, 41, 56, 57, 95.

Analyses feuilles, fruit... (voir : *Chacune des parties de la plante*).

A.N.A. (voir : *Acide alpha naphtyl acétique*).

Ananas — clef du genre : 16.

Ananas — dispersion géographique : 17-20, 468.

Ananas — historique : 467-470 ; P 1, P 3.

Ananas — origine genre : 17-19.

Ananas ananassoides : 15, 16, 17, 21, 24, 34, 56, 186, 232, 457 ; P 14.

Ananas bracteatus : 15, 16, 17, 21, 24, 34 ; P 14.

Ananas comosus : 15, 16, 17, 22, 192, 222 ; P 15 à P 26.

Ananas comosus mordilonus : 24, 29.

Ananas erectifolius : 15, 16, 21, 24, 34, 457 ; P 14.

Ananas fritzmulleri : 15, 16.

Ananas ginesio-linsii : 17.

Ananas lucidus : 16, 19.

Ananas monstrosus : 16, 17.

Ananas nanus : 16, 19 ; P 14.

Ananas parguazensis : 15, 16, 19.

Anatomie : 37-54.

Anomala orientalis : 246.

Anomalies — inventaire : 413-420.

Anomalies — feuilles, fruit, racines (voir à *chacune de ces parties de la plante*).

- Anomalies génétiques : 24-26, 418, 419.
Anoplolepis sp. : 221.
 Anthèse : 34, 52, 92 .
 Apex : 41, 80, 88-90.
 Apex — destruction : 387, 410.
Aphytis : 241.
 Appareils pulvérisation (voir : Mécanisation-traitements d'induction florale, traitements pesticides).
 Application herbicide à humectation d'un support : 375.
 Application engrais et pesticides (voir : Mécanisation — traitement d'induction florale, traitements pesticides).
Araucomyrmex sp. : 221, 354.
 Association cultures (voir : Cultures associées).
 Asteracées (voir : Composées).
 Atmosphère contrôlée : 105, 344.
 Atrazine : 368-376.
Augosoma centaurus : 248 ; P 88.
 Autostérilité : 22.
 Auxines : 84, 85, 87.
 Azote — besoins (dont : exportation, restitution, immobilisations) : 121, 135-140, 141-142, 260, 318-320.
 Azote — fertilisation : 149, 314-315, 318-320, 323-325, 405, 417.
 Azote — incidence sur fruit : 158-160, 170, 171, 382.
 Azote/potassium et fruit : 170, 174, 177, 320, 405.
 Azote/potassium et rejets : 408.
 Azote — symptômes carence : 146, 416.
 Azote — teneur dans les feuilles, diagnostics : 151-156, 158-161.
 Bac classe A : 118, 336.
 « Bacterial heart rot » = pourriture bactérienne du fruit (voir : *Erwinia chrysanthemi*).
 Bactéries : 205-210, 420 ; P 62, P 65.
 Bactéries — approches pour contrôle et lutte contre : 205-210, 349.
 « Base rot » = pourriture noire des rejets (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
Batachedra sp. : 249, 419.
 Benomyl : 345-347, 348.
 Bentonite : 379-389.
 Besoin en éléments nutritifs : 134-144, 317-322.
 Beta hydroxy ethyl hydrazine (BOH) : 84, 381, 412.
Bidens pilosa : 213, 251.
 Billonnage (voir : Sol-préparation, ameublissement).
 Binage : P 124 .
 Biogaz — co-produit : 450, 453, 459-461.
 Biuret (voir : Azote-fertilisation).
 « Black rot » = pourriture noire du fruit (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
 « Black spot » = « tache noire » (voir : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
 « Blossom cup » = coupe florale (voir : Fruit — anatomie).
 B.O.H. (voir : Beta hydroxy ethyl hydrazine).
 Boissons alcoolisées : 454.
 Borate : 381.
 Bore : 419 ; P 37.
 Botanique : 37-55.
 Bourgeon axillaire : 41, 80.
 Bractée : 50, 89, 91 ; P 9, P 10.
 Bromacil : 300, 368-376.
Bromelia sp., *B. karatas* : 17, 21.
 Broméline — co-produit : 54, 447-450, 457-458.
 Bromure de méthyle, 350.
 « Brunissement interne » (B.I.) : 54, 178, 392, 420, 433 ; P 43, P 44.
 Bufencarb : 366-367.
 Bulbille : 24, 48, 80, 304-305, 407.
 Bulbille nombre : 24, 33, 81, 122, 171, 280, 304-305, 330, 388, 411, 418 ; P 4.
 « Butt rot » = pourriture noire des rejets (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
Cajanus indicus : 233.
 Calcium — besoins (dont : exportations, restitutions, immobilisations) : 132-133, 135-139, 141-142.
 Calcium — fertilisation : 299, 321-322, 326.
 Calcium — incidence sur fruit : 175.
 Calcium — symptômes carences : 147, 416, 418 ; P 35.
 Calcium — teneur dans feuilles, diagnostics : 143, 151-156, 158-161.
 Calcomagnésien : 133, 299, 317, 321-322.
 Calendrier culture : 406.
 Calendrier — interventions agronomiques : 286-291.
 Calendrier référentiel : 290.
 C.A.M. = crassulacean acid metabolism (voir : Métabolisme carboné).
 Camphechlor : 354, 366-367.
 Canal déférent ou nectarifère : 52 ; P 99, P 100.
 Canal stylaire : 22.
 Captafol : 342-343, 345-347, 348.
 Captane : 342-343.
 Carbaryl : 346-348, 366-367.
 Carbendazime : 345-347.
 Carbofuran : 351, 358-364.
 Carbonate : 381.
 Carboné — métabolisme : 38, 56-67, 87, 107, 157, 164, 255-256, 260.
 Carburant — co-produit : 447, 450, 453, 459-461.
 Carbure de calcium (voir : Acétylène).

- Carence — symptômes (voir pour chacun des éléments nutritifs).
- Carpophilus foveicollis*, *C. hemipterus*, *C. humeralis* : 249-250.
- Castnia icarus* : 248.
- Cations (voir : Potassium, Calcium, Magnésium).
- Cations — relations entre : 142.
- Cayenne Lisse — groupe de cultivars : 27, 28, 29, 30, 96, 131, 145, 186, 202, 203, 204, 207, 222, 232, 245, 263, 267, 280, 281, 304-305, 402, 413-420, 423, 428, 457, 439 ; P 4, P 6, P 7, P 22 à P 25, P 30, P 156.
- Cayeu : 48, 80, 84, 86, 124, 304-305, 404 ; P 17.
- Cayeu — nombre : 81, 122, 280, 304-305.
- Ceratocystis paradoxa* : 121, 146, 189-193, 194, 287, 307-308, 345-346, 415, 417, 419, 420, 428 ; P 50 à P 53.
- Ceratocystis paradoxa* — approche pour contrôle, lutte contre : 192-193, 307-308, 345-346, 397, 428.
- Ceratocystis paradoxa* — biologie — principaux symptômes : 190-192, 415, 417, 419, 420.
- Ceratostomella paradoxa* (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
- Charbon actif : 378.
- Chaulage : 132, 317, 321-322.
- Chlordane : 354, 366-367.
- Chlorflurénol : 411.
- Chloris gayana* : 234.
- Chlorophylle et chloroplaste : 45.
- Chlorpyrifos éthyl : 364-366.
- Chlorure potassium : 175, 417 ; P 147.
- Chlorure sodium : 149, 416 ; P 42.
- Cholus seabrai* : 427.
- Chromosomes : 21.
- Cire : 104, 179, 429.
- Citrates — co-produits : 447, 450.
- Climat : 107-122, 164-169, 287.
- Clone : 33.
- Cochenille (voir : *Dysmicoccus brevipes* et *D. neobrevipes*).
- Cochenille à carapace (voir : *Diaspis* sp.).
- Cochenille farineuse (voir : *Dysmicoccus brevipes* et *D. neobrevipes*).
- « Collar of slips » (voir : Bulbilles nombre).
- Coléoptères : 246-250, 367, 413, 417.
- Comptonotus* sp. : 220.
- Composées — lutte contre : 369-370.
- Composés phénoliques : 54, 87, 178.
- Compost — co-produit : 450, 451.
- Compote (en) conserve (voir : Conserve — compote).
- Concurrence adventice : 250.
- Concurrence entre plantes : 278-281.
- Confiture : 454.
- Conserverie — rendement : 446-447.
- Conserves : 434-447.
- Conserves — co-produits de fabrication : 435-436, 445, 447-453 ; P 183, P 184.
- Conserves — compote — fabrication : 443.
- Conserves — différentes fabrications classiques : 434-436.
- Conserves — jus — fabrication : 443-446.
- Conserves — jus — production, exportations, importations : 486.
- Conserves — morceaux de tranches, tranches brisées — fabrication : 442-443.
- Conserves — récolte des fruits, acheminement sur conserverie : 391-392, 399 ; P 169 à P 171, P 173 à P 175.
- Conserves — « solid pack » (1) — exportations, importations : 481-485.
- Conserves — « solid pack » (1) — importations aux U.S.A. : 485.
- Conserves — « solid pack » (1) — production : 479-480.
- Conserves — schéma de fabrication : 436-440 ; P 172, P 175.
- Conserves — tranches — évolution des cours : 494-495.
- Conserves — tranches — fabrication : 442-443 ; P 177 à P 182.
- Conserves — tranches — schéma d'une ligne de fabrication : 440-442, 442-443, 444 ; P 177 à P 182.
- Convolvulacées — lutte contre : 370.
- Co-produit = sous-produit.
- Co-produits — importance, utilisation : 435-436, 447-453 ; P 185, P 186.
- Coupe florale : 52.
- Coups de soleil : 175, 388, 389, 418 ; P 27, P 28, P 65, P 158 à P 161.
- Couronne : 48, 52, 84, 86, 124, 135, 304, 305.
- Couronne — absence : 176, 418.
- Couronne — croissance : 89, 92, 96-98.
- Couronnes multiples : 25, 171, 176, 388, 418 ; P 6, P 7.
- Couronne — réduction, ablation : 387-388 ; P 158.
- Couronne — taille : 102, 387.
- Coûts production : 489-492.
- Couverture (du) sol : 112, 118, 119, 187, 235, 258, 259, 269, 274, 277, 297-299, 300, 301, 310, 326, 333, 338 ; P 118.
- C P A = 3 C P A = Acide 2-3 chlorophenoxy propionique (2-3 chlorophenoxy propionic acid).
- Craquelures fruit : 176, 204, 207, 419.

(1) « solid pack » = tranches + morceaux de tranches + compote.

- Crassulacéen — métabolisme (voir : Carboné — métabolisme).
- Crematogaster* sp. : 220.
- Cricotomoides* sp. : 231, 233.
- Croissance : 67-81, 253, 280, 286, 313.
- Croissance/climat : 110, 113.
- Croissance feuilles : 74-80.
- Croissance fruit : 68, 91, 254.
- Croissance rejets : 80-81.
- Crotalaria usaramoensis* : 223, 268.
- « Crown » = couronne.
- « Crush » = compote.
- Cuivre : 149, 161, 322, 416.
- Cultivars : 26-31.
- Cultures associées : 268-270, 316 ; P 103 à P 108.
- Cultures dérobées : 268-270, 316 ; P 103 à P 108.
- Cultures intercalaires : 268-270, 316 ; P 103 à P 108.
- Cultures (en) rotation : 268-270, 316 ; P 103 à P 108.
- Cupule : 52.
- Cycle (longueur du) : 124, 253-255, 278, 284-286, 304-305, 319.
- Cycle naturel : 124, 253-255, 278, 284-286, 304-305, 319.
- Cynodon dactylon* — lutte contre : 368-369.
- Cypéracées, *C. esculentus*, *C. rotundus* — lutte contre : 252, 368-370.
- Cytogénétique, 21.
- Dalapon : 368-376, 419.
- Datura stramonium* : 213.
- D.B.C.P. (voir : Dibromochloropropane).
- Decadarchis* sp., *D. flavistriata* : 249.
- Decaméthrine : 367.
- D.D. (voir : Dichloropropane-dichloropropène).
- D.D.T. (voir : Dichlorophenyl trichloroéthane).
- Déficience minérale (voir : Symptômes carence pour chacun des éléments minéraux).
- Déficit hydrique (voir : Eau - déficience).
- Défrichement : 272.
- « Délivrescence fruit » (« fruit collapse ») (voir : *Erwinia chrysanthemi*).
- Densité de plantation : 278-281, 324, 401.
- Desmodium uncinatum* : 234.
- « Deuxième jus » (voir : « Jus de presse »).
- Deuxième récolte : 25, 81, 123, 144, 278-279, 396, 401-406 ; P 18, P 176.
- Diagnostic foliaire : 134, 150-163.
- Diagnostic — nutrition : 134, 150-163.
- Diaspines, *Diaspis boiduvali*, *D. bromeliae* : 240-241, 366, 417 ; P 85, P 86.
- Diazinon : 350-353.
- Dibromochloropropane (D.B.C.P.) : 355-358, 360-364.
- Dibromure d'éthylène (E.D.B.) : 355-358, 360-364.
- Dichloro diphenyl trichloro éthane (D.D.T.) : 354.
- Dichloropropène : 355-358, 360-364.
- Dichloropropane-dichloropropène (D.D.) : 344, 355-358, 360-364.
- Dieldrine : 354.
- Différenciation florale : 82-91, 123-126.
- Différenciation florale artificielle : 84, 85, 101, 126, 256-257, 284-285, 319, 377-383, 418, 419.
- Différenciation florale naturelle : 83, 123-126, 283-284, 308, 377-384, 387.
- Différenciation florale naturelle (prévention de) : 382-383.
- Différenciation florale — récolte (intervalle entre) : 164, 285.
- Digitaria decumbens* : 233.
- Diméthoate : 350-353.
- Dispersion (voir : Ananas — dispersion).
- Dispositif plantation (voir : Plantation — dispositif de).
- Disulfoton : 350-353.
- Diuron : 300, 368-376.
- Dolichotetranychus floridanus* : 242-244, 366, 417 ; P 90 à P 93, P 102.
- Drainage (aménagement réseau) : 271, 273, 342, 403.
- « Drip irrigation » = irrigation localisée.
- Dynastor darius* : 248.
- Dysmicoccus* spn. : 213, 218, 222-225, 309, 349-354, 417 ; P 66 à P 73, P 102.
- Dysmicoccus* sp. — approche pour contrôle et lutte contre : 222-225, 309, 349-354.
- Dysmicoccus* sp. — relations avec fourmis : 218.
- Dysmicoccus brevipes* : 146, 218-219, 241, 243, 366, 404.
- Dysmicoccus neobrevipes* : 219, 408.
- Eau — alimentation : 204, 207, 210, 270, 339, 413, 414, 416.
- Eau — besoins : 117-119, 336-338.
- Eau — concurrence pour : 279.
- Eau — consommation : 117.
- Eau/croissance : 116-117.
- Eau — déficience : 107, 113-119, 145, 210, 215, 413, 414, 416, 418, 419-420 ; P 31.
- Eau — différenciation florale : 83, 123.
- Eau — déperdition : 269, 297, 298.
- Eau — efficacité : 67, 117-119, 255-256.
- Eau — excès (voir : Racines — asphyxie).
- Eau/fruit qualité : 166, 176-177.
- Eau/métabolisme carboné : 58.

- Eau/nutrition minérale : 145-146, 151-154.
 Eau — racines (voir : Racines).
 Eau/ressources : 271.
 Eau/Wilt : 215.
 Écologie : 107-122.
 Économie — socio-économie : 487-498.
 E.D.B. (voir : Dibromure d'éthylène).
 Éléments minéraux (voir chacun d'eux : Potassium...).
- Éléments nutritifs (voir chacun d'eux : Potassium...).
- Éléments nutritifs — concurrence pour : 279.
- Emballage (voir : Fruits frais exportation — techniques d').
- Embruns marins — toxicité : 414, 416 ; P 42.
- Emilia sagittata*, *E. sonchifolia* : 213, 251.
- « Endogenous brown spot » = « Brunissement interne ».
- Endrine : 354
- Engrais : 299, 325-332
- Engrais — accidents d'application (brûlures) : 149-150, 414, 415, 417, 418, 419 ; P 146, P 147.
- Engrais calciques (voir : Calcium — fertilisation).
- Engrais — forme : 323-326.
- Engrais — localisation : 323-326.
- Engrais — modalités d'application : 323-326.
- Engrais magnésiens (voir : Magnésium — fertilisation).
- Engrais phosphatés (voir : Phosphore — fertilisation).
- Engrais potassiques (voir : Potassium — fertilisation).
- Engrais verts : 423-425, 450, 451.
- Ensilage — co-produit : 451.
- Ensoleillement/croissance et développement : 123.
- Ensoleillement/métabolisme carboné : 60.
- Ensoleillement/qualité du fruit : 167, 175.
- Enterobacter agglomerans* (voir : *Erwinia herbicola*).
- Épines (voir : Feuilles — épines).
- Érosion — contraintes liées à : 130, 258, 265, 270, 271, 273, 295, 297, 316 ; P 110.
- Érosion — lutte contre : 130, 258, 265, 270, 271, 273, 295, 297, 316 ; P 110.
- Erwinia* sp., *E. ananas*, *E. carotovora*, *E. chrysanthemi*, *E. herbicola* : 206, 207, 209, 210, 419 ; P 62.
- État végétatif — appréciation : 413-415.
- Éthanol — co-produit : 447, 450, 459-461.
- Éthephon (voir : Acide 2 chloro ethane phosphonique).
- Éthoprophos : 358-364, 364-366.
- Éthylène : 84, 86, 96, 103, 378, 382, 393, 412.
- Éthylphosphite d'aluminium : 342-343.
- ETP (voir : Évapotranspiration potentielle).
- ETR (voir : Évapotranspiration réelle).
- Eupatorium adenophorum* : 252.
- Eupatorium odoratum* : 369-370.
- Évapotranspiration potentielle, évapotranspiration réelle : 117-119.
- Exochomus concavus* : 222.
- Exportation, importation — conserves « solid pack » (1) : 481-485.
- Exportation, importation — fruits frais : 474-479.
- Exportation, importation — jus : 486.
- « Eye » = « œil » (voir : Fruit — « œil »).
- « Eye rot » = « tache noire » (voir : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
- Fasciation (voir : Couronne multiple).
- Fécondation : 22, 34.
- Fenitrothion : 350-353.
- Fenthion : 350-353.
- Fer : 148, 161, 322, 416, 417 ; P 38, P 39.
- Fertilisation : 134, 260, 313-332, 405-406, 408.
- Fertilisation — accidents d'application (voir : Engrais — accidents d'application).
- Fertilisation — localisation : 325-327.
- Fertilisation — mécanisation (voir : Mécanisation — application produits).
- Fertilisation — pulvérisation : 144, 149, 150, 317-323, 323-325.
- Fertilisation — solide : 323.
- Feuille — anatomie : 42-46, 74, 110, 259, 336.
- Feuille — anomalies, altérations : 149-150, 416-417 ; P 42, P 49, P 53, P 70, P 74, P 86, P 90, P 91, P 93, P 97, P 142 à P 146.
- Feuille — coloration (voir également : Diagnostic nutrition et symptômes de carence) : 42, 150-151, 319, 416-417.
- Feuille — coupe de : 408.
- Feuille — croissance : 74-80.
- Feuille « D » : 76, 90, 151-163, 254.
- Feuille — dimensions : 42, 79, 116, 280.
- Feuille — échantillonnage : 76.
- Feuille — épines : 23, 24, 28, 29, 116.
- Feuille — masse totale, poids : 74, 84.

(1) « solid pack » = tranches + morceaux de tranches + compote.

- Feuille — nombre, rythme d'apparition : 42, 74-75, 110-111, 116, 280.
- Feuille — symptômes carence (voir : « Carence » au niveau de chacun des éléments).
- Feuille — utilisation : 455-458.
- Fibres : 46, 457.
- Film polyéthylène (voir : Couverture du sol).
- Finitions superficielles (voir : Sol préparation — ameublement).
- Flemingia congesta* : 233, 268.
- Fleur — anatomie : 28, 29, 50.
- Floraison : 92.
- Floraison — artificielle (voir : Différenciation florale artificielle).
- Floraison — contrôle de la (voir : Différenciation florale artificielle).
- Floraison — induction de la (voir : Différenciation florale artificielle).
- Floraison — naturelle (voir : Différenciation florale naturelle).
- Floraison — « sauvage » (voir : Différenciation florale naturelle).
- Floraison — vagues de : 124.
- Florigènes — produits (voir : Différenciation florale artificielle).
- Fluazifop butyl : 374-375.
- Fonofos : 364-366.
- « Forcing » = T.I.F. (Traitement induction florale).
- Formol : 346.
- Formothion : 350-353.
- Fourmis : 220-221, 224, 250, 300, 350, 353-354, 408.
- Frankliniella fusca*, *F. occidentalis*, *F. schultzei* : 212.
- Frites d'ananas : 254.
- Fruit — acidité : 54, 95, 96, 99, 102-104, 158, 160, 163-168, 170-178, 203, 205, 280, 321, 386, 395, 420, 429.
- Fruit — anatomie : 50-54 ; P 16, P 17.
- Fruit — anomalies, altérations (voir également : Pourriture et/ou maladie) : 175, 179, 418-420 ; P 27 à P 31, P 43 à P 46, P 50, P 51, P 55 à P 65, P 68, P 69, P 71 à P 73, P 75, P 85, P 88, P 89, P 95, P 99 à P 102, P 149.
- Fruit — arôme : 54, 100, 166, 170, 173.
- Fruit — aspect, forme : 28, 29, 102, 165, 280, 380, 381.
- Fruit — Brix (voir : Fruit — sucres).
- Fruit — chair : 280.
- Fruit — cœur : 52, 171, 173, 280.
- « Fruit collapse » = Déliescence du fruit (voir : *Erwinia chrysanthemi*).
- Fruit — coloration (externe et interne) : 28, 29, 54, 96, 98, 103, 104, 166, 173, 390-394 ; P 45, P 46.
- Fruit — composition : 54, 55, 135-137, 427.
- Fruit — composition/différents facteurs climatiques : 164-169.
- Fruit — composition/nutrition : 170-175.
- Fruit (pour) conserves (voir : Conserves).
- Fruit — croissance, développement : 94.
- Fruit frais — congelés : 453.
- Fruit frais — conservation : 104, 283-284, 288, 428-429.
- Fruit frais — dates de récolte : 283-284, 288.
- Fruit frais (pour) exportation — emballage : 429-433 ; P 154 à P 157.
- Fruit frais (pour) exportation — évolution cours : 283, 493-494.
- Fruit frais (pour) exportation — exportation, importation : 474-479.
- Fruit frais (pour) exportation — désinfection : 345-347.
- Fruit frais (pour) exportation — préparation, protection : 385-389 ; P 158 à P 161.
- Fruit frais (pour) exportation — récolte, acheminement : 390-391, 397-398 ; P 150 à P 153.
- Fruit frais (pour) exportation — transport : 193, 433, 434.
- Fruit frais (pour) exportation — tri, calibrage : 427-429 ; P 162 à P 165.
- Fruit frais — givrés : 453.
- Fruit frais (pour) lyophilisation : 454.
- Fruit frais — marchés locaux : 283-284, 288, 427, 474 ; P 166 à P 168.
- Fruit frais — réfrigération, stockage : 104, 178, 193, 390, 433-434.
- Fruit — indice réfractométrique (voir : Fruit — sucres).
- Fruit — maturation : 96-104.
- Fruit — « œil » : 52, 90, 256, 284, 419.
- Fruit — physiologie avant-après récolte : 91-105.
- Fruit — poids : 52, 90, 94, 99.
- Fruit — poids/augmentation par traitement chimique : 385-388.
- Fruit — poids/corrélations, déterminisme : 90, 254, 256, 284-286.
- Fruit — poids/densité : 280.
- Fruit — poids/différents facteurs physiques : 163.
- Fruit — poids/nutrition : 140, 141, 158, 160.
- Fruit — production mondiale et par pays : 471-474.
- Fruit — qualité/densité : 280.
- Fruit — qualité/différents facteurs physiques : 164-169, 175-179, 253-256, 284-285, 336.
- Fruit — qualité/nutrition : 170-179, 140, 141.
- Fruit — récolte : 390-392, 397-399.
- Fruit — remplissage : 100, 103, 166, 385.

- Fruit — rendement : 253.
 Fruit — résistance mécanique : 32, 392.
 Fruit — respiration : 96.
 Fruit — saveur : 163, 166, 170.
 Fruit sec (voir également : Wilt) : 215.
 Fruit — sucres : 55, 95, 96, 99, 100, 103, 160, 163, 167, 280, 386, 390, 395, 427.
 Fruit — sucre/acidité : 163-179, 395.
 Fruit — symptômes carences (voir pour chacun des éléments nutritifs).
 Fruit — translucidité : 100, 166, 176, 180, 420 ; P 28.
 Fruit — utilisation : 421-461.
 Fruit — verse : 92, 389.
 « Fruitlet » = « fruit individuel » ou « œil » (voir : Fruit — « œil »).
 « Fruitlet core rot » = « tache noire des yeux » (voir : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
 Fumigants (voir : Nématocides fumigants).
 Fumure (voir : Fertilisation).
 Fusariose (voir : *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*).
Fusarium sp. : 194-199, 199-205, 243, 284.
Fusarium moniliforme (voir également : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
Fusarium moniliforme var. *subglutinans* : 194-199, 244, 307, 346-348, 415, 419 ; P 54 à P 57.
Fusarium moniliforme var. *subglutinans* — approche pour contrôle, lutte contre : 197-199, 346-348.
Fusarium moniliforme var. *subglutinans* — biologie pathogène, principaux symptômes : 194-197, 415, 419.
 Gaz carbonique : 47, 56-62.
 Génétique : 21-35.
 Génétique — anomalies : 24-36.
 Génétique — caractéristiques recherchées : 32.
 Geotropisme : 87.
Giberella fujikuroi var. *subglutinans* (voir : *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*).
Gladiosus sp. : 248.
 Glande nectarifère : 52.
Glomus sp. : 48.
Gluconobacter oxydans : 206, P 62.
 Glyphosate : 300, 368-376.
 Gommose du fruit (voir : *Thecla basiliides*).
 Graine : 22, 35.
 Graminées — lutte contre : 368-369.
 « Green fruit rot » = pourriture du fruit vert (voir : *Phytophthora*).
 « Green ripe » = « jaune ».
 Hampe fructifère (voir : Pédoncule).
Hanseniella sp., *H. ivorensis*, *H. unguiculata* : 236, 238, 239 ; P 80 à P 82.
 Hapa : 48, 80, 304-305.
Haptoncus buteolus : 250.
Haptoncus ocularis : 249.
Helicotylenchus dihystrera : 231, 233, 234.
 Heptachlor : 354, 366-367.
Heptasmicra sp. : 246.
 Herbicides : 268, 300, 368-367.
 Herbicides — accidents d'application (voir : Pesticides — accidents d'application).
 Herbicides — conseils pratiques utilisation : 375-376.
 Herbicides — époques et techniques d'application : 371-374.
 Herbicides — principales caractéristiques : 374-375.
 Herbicides — matériel d'application : 374-375 ; P 133, P 135.
 Hétérogénéité par plages : 403, 414 ; P 80.
 Hétérogénéité ponctuelle : 415.
Heteronychus arator : 247.
 Hexazinone : 370-375.
 Historique (voir : Ananas — historique).
 Homogénéité d'ensemble : 257-259, 286, 403-405, 413.
 Hybridation : 33.
 Imazalil : 345-347.
Imperata cylindrica — lutte contre : 368-369.
 Importation conserves (voir : Conserves — « solid pack » — exportations, importations).
 Importation fruits frais (voir : Fruits frais export — exportation, importation).
 Importation jus (voir : Conserves jus — exportation, importation).
 In vitro (cultures) (voir également : Multiplication) : 35.
 Induction florale artificielle (voir : Différenciation florale artificielle).
 Induction florale naturelle (voir : Différenciation florale naturelle).
 Inflorescence : 50 ; P 15, P 24.
 Inflorescence — croissance, développement : 88-104.
 Inflorescence — différenciation : 82-88.
 Initiation florale (voir : Différenciation florale).
 « Interfruitlet corking » (voir : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
 Irrigation : 119, 166, 273, 299, 300, 333-339.
 Irrigation — aspersion (« sprinkle irrigation ») : 274, 335-338 ; P 130, P 131.
 Irrigation par rampe latérale : 274, 337 ; P 132.

- Irrigation/couverture du sol « mulche » : 299, 334-335.
 Irrigation localisée (« drip irrigation ») : 274, 338 ; P 127 à P 129.
 Isazophos : 358-364.
- Jachère — cultivée ou nue : 234-235.
 « Jaune » : 165, 177, 389, 392, 420, 428 ; P 45, P 46.
 Jour (longueur du) et différenciation florale naturelle : 83, 123, 126.
 Jus concentré : 445.
 Jus congelé : 445.
 Jus (en) conserve — fabrication : 443-446.
 Jus (en) conserve — production, exportation, importation : 486.
 Jus de presse (ou « deuxième jus ») : 445-446, 447-451 ; P 183 à P 185.
 Jus frais : 427.
 Jus — poudre : 445, 453.
- Labour (voir : Sol — préparation, ameublissement).
Lagria villosa : 249 ; P 89.
Lamycemus caeculus : 239.
 « Leaf area index » (L.A.I.) : 66.
 « Leathery pocket » (voir : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
 Lépidoptères : 197, 244-246, 248-250, 367 419.
 Levures — co-produit : 423-425, 450.
 Levures (voir : *Saccharomyces* sp.).
Lindorus lophantae : 241.
 Lixiviation : 293, 297, 298.
 Locule : 52, 99 ; P 100, P 101.
 Luminosité/croissance : 119-121.
Lybindus dichrous : 248.
- Machine à récolter (voir : Mécanisation récolte).
Macrophylla ciliata : 247.
 Magnésium — besoins (dont : exportations, restitutions, immobilisations) : 133, 135-139, 142, 161.
 Magnésium — fertilisation : 299, 321-322, 326.
 Magnésium — incidence sur fruit : 175.
 Magnésium — symptômes carence : 148, 416 ; P 33, P 34.
 Magnésium — teneur dans feuilles — diagnostics : 143, 151-156, 158-161.
 Main d'œuvre — contraintes liées à : 267, 271, 284, 287, 313, 388.
 Maïpouri (voir : Cayenne Lisse).
 Maïpure (voir : Perolera).
 Maladies (voir : Tableaux synoptiques 58 à 60, p. 413-420).
 Maladie (de) blessure (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
 Maladie (de la) Fusariose (voir : *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*).
 Maladie marbrée « marbling disease » (voir : *Acetobacter*).
 Maladie « rose » (« pink disease ») (voir : Bactéries).
 Malathion : 350-353.
 Mancozèbe : 342-343.
 Manèbe : 342-343.
 Manganèse : 148, 158-161, 416 ; P 41.
 « Marbling disease » (voir : *Acetobacter*).
 Matériel végétal de plantation (voir : « Rejets »... avec de nombreuses subdivisions).
 Matériel végétal de plantation/floraison : 84-86.
 Matière organique (voir : Sol — matière organique).
 Matière sèche — production : 255-256, 260.
 Maturation fruit — critères : 103.
 Mécanisation — application produits : 274-275, 352, 374-376, 378, 389, 381 ; P 119 à P 141.
 Mécanisation — conditionnement fruit frais exportation : 431-433 ; P 162 à P 165.
 Mécanisation (contraintes liées à) : 267, 270-271, 274, 284, 287 ; P 109 à P 111, P 114.
 Mécanisation — entretien : P 124.
 Mécanisation — plantation : 311, 312 ; P 125, P 127 à P 129.
 Mécanisation — préparation sol : 272, 300, 301 ; P 115 à P 119.
 Mécanisation — récolte : 398-399 ; P 170, P 171, P 173, P 174.
 Meiose : 21, 91.
Melanapsis bromeliae : 242.
Meloidogyne sp., *M. incognita*, *M. javanica* : 227-228, 232, 233, 234, 236, 362-364, 417 ; P 76, P 77.
 Méristème (voir : Apex).
 Métabolisme carboné (crassulacéen) (voir : Carboné — métabolisme).
 Metalaxyl : 342-343.
Metamasius ritchiei : 248.
 Methionine : 383.
 Metolachlor : 374-375.
 Miettes = compote.
Mikania scandens — lutte contre : 369-370.
 Mise en terre des rejets (voir : Plantation mise en terre).
 Molybdène : 149.
Monodes agrotina : 248.
 Morceaux de tranches — fabrication : 442-443, 453.
 « Mulch » (voir : Couverture du sol).
 « Mulching » (voir : Couverture du sol).
 Multiplication : 407-412.
 Mutation : 22, 24, 26 ; P 4, P 5.
 Mycorhizes : 48, 158, 235 ; P 12, P 13.

- Nébulosité — incidence croissance : 118.
 Nébulosité — incidence qualité fruit : 167, 169.
 Nématicides fumigants — caractéristiques, conditions utilisation : 355-358, 360-364.
 Nématicides systémiques — action sur ananas : 360.
 Nématicides systémiques — caractéristiques, conditions utilisation : 358-364.
 Nématodes : 142, 146, 225-236, 298, 300, 309, 315-316, 355-364, 404, 408, 413, 414, 417 ; P 76 à P 79.
 Nématodes — approches pour contrôle, lutte contre : 232-236, 309, 355-364.
 Nématodes — espèces parasites, biologie, principaux symptômes : 226-231, 414, 417.
 Nématodes — relations entre espèces, 232.
 Nivellement (voir : Sol-préparation, ameublissement).
 Nutrition : 121, 134-163.
 Nutrition hydrique (voir : Eau).
 Nutrition minérale (voir : Fertilisation et chacun des éléments minéraux).
 Nutrition/parasitisme racinaire : 142-144, 145-146, 157-158, 258, 317, 327-328, 403-404.
 Nyctipériode : 83, 123.
 « Œil » du fruit (voir : Fruit — « œil »).
 Oligo-éléments : 132, 148-149, 161, 162, 175, 321, 322 (voir également chacun d'eux).
 Ombrage/croissance : 119.
 Ombrage/qualité fruit : 167, 168, 177.
 Omethoate : 350-353.
Orcus sp. : 241.
 Organochlorés : 354, 357.
 Organophosphorés : 350-353, 365.
 Origine ananas (voir : Ananas — origine genre).
 Ovule : 35, 52.
 Oxamyl : 351, 358-364.
 Oxychlorure de cuivre : 342-343.
Panicum repens — lutte contre : 368-369.
 Papier — co-produit : 450, 457.
Paradiaphorus crenatus : 247.
 Paraquat : 295, 368-376.
 Parasite de blessure (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
 Parasitisme racinaire/Nutrition (voir : Nutrition/parasitisme).
 Parathion ethyl : 350-353.
 Parathion methyl : 350-353.
 Parcelle — appréciation aspect général : 413-415.
 Parcelle — organisation parcellaire : 273-275.
Parisoschoenus ananas : 248.
Paspalum conjugatum — lutte contre : 368-369.
 Pédoncule — anatomie : 39, 52.
 Pédoncule — croissance : 92, 94, 96, 101.
 Pédoncule — dimensions : 28, 29, 52, 171, 173, 380-382, 388.
Penicillium sp. : 98, 132, 175, 199-205, 211, 243, 249, 284, 348, 397, 419, 420, 428 ; P 58 à P 61, P 99 à P 102.
Penicillium sp. + *Fusarium* sp. complexe : 98, 132, 175, 199-205, 211, 243, 249, 284, 348, 397, 419, 420, 428 ; P 58 à P 61, P 99 à P 102.
Penicillium sp. + *Fusarium* sp. complexe — approche pour contrôle, lutte contre : 204-205, 348.
Penicillium sp. + *Fusarium* sp. complexe — pathogènes responsables, principaux symptômes : 199-201, 201-204, 419, 420.
Penicillium funiculosum : 199-205, 419, 420 ; P 99 à P 102.
 Pépinière multiplication : 410-411.
 Perchlordecone : 354.
 Pernambuco (groupe de cultivars) : 29, 30, 222, 265 ; P 19, P 157.
 Perolera (groupe de cultivars) : 24, 27, 29, 30, 202, 204, 245, 428 ; P 20, P 59.
 Pesticides — accidents d'application : 416-417, 419 ; P 142 à P 145.
 pH (voir : Sol — pH).
Pheidole megacephala : 220.
 Phenamiphos : 358-364.
 Phenols (voir : Composés phénoliques).
 Phorate : 350-353.
 Phosethyl A1 (voir : Ethylphosphite d'aluminium).
 Phosphates (voir : Phosphore).
 Phosphore — besoins (dont : exportations, importations, immobilisations) : 133, 135-139, 141.
 Phosphore — incidence sur fruit : 175.
 Phosphore — fertilisation : 299, 314, 321-322, 326-332.
 Phosphore — symptômes carence : 147, 416 ; P 36.
 Phosphore — teneur dans feuilles, diagnostics : 151-156, 158-161.
 Photopériode : 62, 83, 119-120, 123.
 Photosynthèse (voir : Carboné — métabolisme).
 Phoxim : 350-353.
Phyllophaga portoricensis : 246.
 Physiologie fruit (voir : Fruit — physiologie).
Phytophthora sp. : 132, 146, 180-188, 194, 273, 287, 297, 309, 311, 342, 344, 345, 384, 413, 414, 415, 417 ; P 47 à P 49, P 121 à P 134.

- Phytophthora* sp. — approches pour contrôle, lutte contre : 186-188, 309, 342-344, 345, 384.
- Phytophthora* sp. — pathogènes responsables, biologie, principaux symptômes : 181-186, 413, 414, 415, 417.
- Phytophthora cinnamomi*, *P. citrophthora*, *P. nicotianae*, *P. nicotianae* var. *parasitica* : 181-189.
- « Pink disease » « maladie rose » (voir : Bactéries).
- Pitcairnia feliciana* : 17.
- Planification : 283-291, 405-406.
- Plantation (dates de) : 286-287.
- Plantation — densité : 277-281.
- Plantation — dispositif de : 277 ; P 112 à P 114.
- Plantation (mise en terre) mécanisée (voir également : Mécanisation-plantation) : 300, 311, 312 ; P 125, P 127 à P 129.
- Plantation (mise en terre) manuelle : 309-311 ; P 122, P 123.
- Plantation — profondeur : 311.
- Plante entière — anomalies, altérations : P 47, P 54, P 66, P 67, P 78 à P 80, P 148.
- Plante entière — composition, immobilisations : 135-137, 423.
- Plante entière — croissance : 68-71.
- Plante entière — poids frais : 39, 68.
- Plante entière — utilisation : 459-461 ; P 22.
- Plante — parties aériennes, croissance : 156.
- Plante — partie végétative, utilisation : 455-458.
- Plante — partie souterraine, croissance : 156-157.
- « Planting » = plantation.
- Plantoir : 310.
- Pluiosité/croissance : 107, 113-119.
- Poacées (voir : Graminées).
- Podothrips lucaseni* : 204.
- Poids fruit (voir : Fruit — poids).
- Poil absorbant : 47, 128.
- « Point de coupe » : 103, 390-392.
- Polistes rubiginosus* : 246.
- Pollen : 21, 22, 91.
- Polyéthylène (voir : Couverture du sol).
- Potassium/azote : 141-142, 320-321, 405, 408.
- Potassium — besoins (dont : exportations, restitutions, immobilisations) : 118, 131, 135-139, 141, 204.
- Potassium/(autres) cations : 142.
- Potassium — fertilisation : 170-171, 173-174, 314-315, 320-321, 326, 405, 408.
- Potassium — ouverture stomatique : 62.
- Potassium/qualité fruit : 141, 143, 170, 173, 179.
- Potassium/rendement : 141, 143.
- Potassium — restitution résidus : 137.
- Potassium — symptômes carence : 147, 416 ; P 32.
- Potassium — teneur dans feuilles, diagnostics : 143, 151-156, 158-160.
- Pourritures (voir : Tableaux synoptiques 58 à 60, p. 413-420).
- Pourriture bactérienne du fruit (ou du cœur) (voir : *Erwinia chrysanthemi*).
- Pourriture (du) cœur de la rosette (voir : *Phytophthora* sp.).
- Pourriture (des) fruits verts (voir : *Phytophthora* sp.).
- Pourriture (à) levure (voir : *Saccharomyces* sp.).
- Pourriture noire des rejets (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
- Pourriture noire du fruit (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
- Pourriture (des) racines (voir : *Phytophthora* sp. et *Pythium* sp.).
- Pratylenchus brachyurus* : 228-230, 232, 233, 234, 236, 358-364, 417.
- Prédiagnostic — appréciation état général d'une parcelle : 413-415.
- « Premier jus » (voir : Conserves — jus).
- Procecidochares utilis* : 252.
- Production — conserves, jus : 486.
- Production — conserves, « solid pack » (1) 479-480, 484.
- Production — évolution : 467-470.
- Production — fruit frais (mondiale et par pays) : 471-474.
- Production (zones de) : 468.
- Productivité : 257, 333-334, 339.
- Produits congelés : 453.
- Produits déshydratés : 453-454.
- Produits florigènes (voir : Différenciation florale artificielle).
- Produits lyophilisés : 454.
- Protection phytosanitaire : 299-300, 307-309, 341-376.
- Protides/glucides dans feuilles : 151.
- Pseudananas sagenarius* : 15, 17, 21, 34 ; P 14.
- Pseudococcus adonidum*, *P. longispinus* : 242, 366 ; P 87.
- Pseudococcus brevipes* (voir : *Dysmicoccus brevipes*).
- Pullus* sp. : 222.
- Pulpe — caractéristiques : 55.
- Pulvérisateur (voir : Mécanisation).

(1) « solid pack » = tranches + morceaux de tranches + compote.

- Pyroderces* sp., *P. hemizepha*, *P. rileyi* : 249.
- Pythium* sp., *Pythium arrhenomanes*, *P. graminicola*, *P. irregulare*, *P. splendens*, *P. torulosum* : 188-189, 344, 413.
- Qualité fruit (voir : Fruit — qualité).
- Queen (groupe de cultivars) : 29, 30, 96, 204, 265, 267, 304-305, 428 ; P 2, P 15 à P 18.
- Racines — anatomie, importance : 39, 46-47, 71, 73, 110, 116-117, 128-129, 131-132, 142, 144, 156, 257-259, 404 ; P 11, P 23.
- Racines — anomalies, altérations : 128, 413, 417 ; P 12, P 13, P 76, P 77, P 80 à P 83.
- Racines — asphyxie, hypoxie, ennoyage : 48, 116, 128, 146, 293, 295-298, 413.
- Racines — croissance : 71-73.
- Racines/milieu physique : 46, 71, 72, 110, 274, 294, 413.
- Racines (et) eau : 116-118, 145-146.
- Racines/parasitisme : 82, 408 (voir également : Nutrition/parasitisme).
- Rangée : 277.
- « Ratoon crops » = récoltes ultérieures (« First ratoon Crop » = seconde récolte).
- Ravageurs principaux : 225-246
- Ravageurs secondaires : 246-250, 417, 418.
- Rayonnement global : 60
- Rayonnement/croissance : 118-119
- Rayonnement/feuilles : 416
- Rayonnement/qualité fruit : 167, 320, 414.
- Récolte — homogénéisation : 393-397.
- Récolte — mécanisation (voir : Mécanisation — récolte).
- Récolte — organisation : 397-399.
- Récolte — regroupement : 393-397.
- « Recovery » = rendement en conserverie (voir : Conserverie — rendement).
- Rejets : 258, 286, 287, 303-312, 319-320, 321, 342, 401-402 ; P 122.
- Rejets — anomalies, altérations : 415 ; P 52, P 94.
- Rejets — anatomie, caractéristiques : 48-50, 68, 72, 303-306.
- Rejets — croissance : 75, 80-82, 122, 141, 306.
- Rejets — désinfection : 308-311, 344, 345, 350-352 ; P 121.
- Rejets — pépinière : 304-305, 410.
- Rejets — plantation (mise en terre) : 309-311, 371-372 ; P 122, P 123, P 125, P 127 à P 129.
- Rejets — poids frais : 39, 304-305.
- Rejets — préparation : 307-308 ; P 120.
- Rejets — production, récolte : 304-305, 306, 407, 408.
- Rejets — qualité : 70, 303, 306-307, 319.
- Rejets — sélection, tri : 307-308, 404.
- Rejets — stockage : 306-307, 415.
- Rejets — transport : 307, 309-310.
- Rendements/ha : 253-255, 280.
- Rendements conserveries (voir : Conserverie — rendement).
- Résidus culture — destruction, décomposition : 130, 137, 294, 295, 297, 315 ; P 115.
- Résistance cuticulaire et stomatique : 65.
- Rhizobius* sp. : 241.
- Rhizoeus americanus* : 242.
- « Root heart rot » = pourriture du cœur de la rosette (voir : *Phytophthora*).
- Rotations culture (voir : Cultures en rotation).
- Rotylenchulus reniformis* : 230-231, 232, 233, 234, 236, 362-364.
- Rotylenchulus unisexu* : 234.
- Saccharomyces* sp. : 210, 349, 419 ; P 64.
- Scutellonema* sp., *S. brachyurum* : 231, 234.
- Scutigerella*, *S. sakimurai* : 236, 238.
- Sécheresse (voir : Eau — déficience).
- Sélection génétique : 31-35.
- Semis : 35.
- Shirlan W.S. : 345-347.
- Sirop — co-produit : 445-447, 450.
- Site (choix du) : 271-272.
- « Slices » = tranches.
- « Slip » = bulbille.
- S.N.A. (voir : Acide alphanaphtylacétique).
- Sodium : 149.
- Sol — acidification : 131-133, 141, 316-317.
- Sol — aération : 128-129.
- Sol — amélioration fertilité : 268, 293-294.
- Sol — caractéristiques chimiques : 131-134, 260, 293-296, 299, 316-317.
- Sol — caractéristiques physiques : 111-112, 128-131, 260, 271, 293-296, 297-299, 314-316, 321-322.
- Sol — couverture (voir : Couverture du sol).
- Sol — eau : 113-119, 128-131, 157, 255-256.
- Sol — érosion (voir : Érosion).
- Sol — évolution (compaction, tassement, perméabilité) : 128-130, 293, 294, 296, 297, 314-317.
- Sol — lixiviation (voir : Lixiviation).
- Sol — matière organique : 131, 134, 138, 272, 299, 314-316, 419.
- Sol — pH : 131-133, 145, 185, 186, 187, 191, 317, 321-322, 342.

- Sol — préparation, ameublissement : 119, 272-274, 277, 287, 293-296, 299, 300, 334-335, 350, 371; P 115 à P 119.
- Solanum stramonifolium* : 221.
- Solenopsis* sp. : 221, 354.
- « Solid pack » = conserves de tranches + conserves de morceaux de tranches + conserves de compote : 479-485.
- « Solid pack » — exportations importations : 481-485.
- « Solid pack » — production : 479-480.
- Son — co-produit : 104, 451.
- Sorbets : 453.
- S-adénoxylméthionine (SAM) : 383.
- Soufre : 147, 187.
- Sous-produits conserverie (voir : Co-produits).
- Sous-solage (voir : Sol : préparation, ameublissement).
- Spanish (groupe de cultivars) : 28, 30, 96, 131, 145, 186, 222, 232, 249, 265, 419, 428; P 21.
- Spodoptera exempta*, *S. exigua* : 248.
- « Sprinkle irrigation » = irrigation par aspersion.
- Steneotarsonemus ananas* : 202, 203, 205, 242, 243, 244.
- Stereoisomère gamma de H.C.H. : 364-366.
- Stomate : 22, 45, 128, 142; P 8, P 9.
- Stomate — mouvements : 56, 66, 88, 117, 128.
- « Stump » = tige ayant fructifié chez certains C.V. du groupe Spanish.
- Stylosanthes gracilis* : 233, 268.
- « Sucker » = cayeu.
- Sucre — co-produit : 423-425, 447, 450.
- Sucres (du) fruit (voir : Fruit — sucres).
- Sulfate ammoniac (voir : Azote — fertilisation).
- Sulfate magnésium (voir : Magnésium — fertilisation).
- Sulfate potasse (voir : Potassium — fertilisation).
- « Swamp rot » = pourriture du cœur (voir : *Phytophthora*).
- Symphyles : 142, 146, 236-240, 298, 300, 364-366, 413, 414, 415, 417; P 80 à P 84.
- Symphyles — approches pour contrôle, lutte contre : 239, 364-366.
- Symphyles — espèces parasites, biologie, principaux symptômes : 238-239, 413, 414, 415, 417.
- Symptômes carence (voir pour chacun des éléments nutritifs).
- Système aérifère (voir : Aerenchyme).
- Système culture : 265-270.
- Système racinaire (voir : Racines).
- « Taches noires » (voir : *Penicillium* sp. + *Fusarium* sp. complexe).
- Tarsonemus* sp. : 243.
- Taxonomie : 15-20.
- Telsimia nitida* : 241.
- Température/croissance : 110-113, 298.
- Température/métabolisme carboné : 59.
- Température/floraison : 83, 123, 126.
- Température — plante : 44, 60.
- Température/qualité, aspect du fruit : 164, 176, 178, 418, 419, 420; P 30, P 149.
- Temps de travaux : 274-275, 301, 306, 308, 311, 312, 353, 357, 374, 375, 387, 389, 431.
- Terbuphos : 351.
- Terrain — aménagement (voir : Aménagement — préparation terrain).
- Tetraploïde : 21.
- Thecla basilides* : 244-246, 249, 284, 366, 367, 419; P 94 à P 98.
- Thecla basilides* — approche pour contrôle, lutte contre : 245, 366-367.
- Thecla basilides* — données biologiques, principaux symptômes : 244-245, 419.
- Thermopériode : 59, 63, 111-113.
- Thiabendazole : 345-347, 348.
- Thiobacillus thiooxidans* : 187.
- Thielaviopsis paradoxa* (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
- Thiofanox : 351.
- Thripoctenus brui* : 213.
- Thrips* sp., *T. tabaci* : 212.
- Thyreophagus putrescentiae* : 203.
- T.I.F. = Traitement induction florale (voir : Différenciation florale artificielle).
- Tige — anatomie, composition : 39-41, 315.
- Tige — anomalies, altérations : 415; P 148.
- Tige — croissance : 70, 73-74.
- Tige — fractionnement : 410.
- Tige — utilisation : 455-458.
- Tillandsia usneoides* : 17.
- Tissu aquifère : 45.
- Tissu vasculaire : 41.
- « Top rot » = pourriture du cœur (voir : *Phytophthora*).
- Tourteaux — co-produit : 450-453; P 185, P 186.
- Toxaphène : 354, 366-367.
- Traitement induction florale (TIF) (voir : Différenciation florale artificielle).
- Traitements phytosanitaires (voir : Protection phytosanitaire).
- Tranches brisées (en) conserves — fabrication : 442-443.
- Tranches entières (en) conserve — fabrication : 442-443.
- Tranches — exportations, importations (voir : « Solid pack » — exportations, importations).

- Tranches — production (voir : « Solid pack » — production).
 Tranches reconstituées : 453.
 Tranches séchées : 453.
 Transpiration : 65, 117-119.
 Triadimephon : 345-347.
Trichodorus sp. : 231.
 Trichome : 44, 77 ; P 8 à P 10.
Trigona spinipes : 197.
 Triploïde : 21.
Trochilus politus : 246.
Tylenchus brachyurus (voir : *Pratylenchus brachyurus*).
 Urée (voir : Azote — fertilisation).
 Uret (voir : Azote — fertilisation).
 Utilisation — co-produits conserverie : 423-425, 447-453.
 Utilisation — feuilles : 423-425, 455-458.
 Utilisation — fruit : 423-425, 427-454.
 Utilisation — parties végétatives : 423-425, 455-458.
 Utilisation — plante entière : 423-425, 459-461.
 Utilisation — résidus de culture : 423-425, 455-458.
 Vamidothion : 350-353.
 Vent/effets sur la plante : 63, 121, 165, 325, 338.
 Verse : 171, 280, 380, 418.
 Vin — co-produit : 423-425, 447, 450, 451.
 Vinaigre — co-produit : 423-425, 447, 450.
 Vitamines — fruit : 55.
 « Water blisted » = pourriture noire du fruit (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
 « White leaf spot » = tache blanche sur feuille (voir : *Ceratocystis paradoxa*).
 Wilt : 213-225, 307, 309, 349-354, 415, 417, 419 ; P 66 à P 73.
 Wilt (voir également : *Dysmicoccus brevipes*, *Dysmicoccus neobrevipes* et Fourmis).
 Wilt — agent causal maladie, principaux symptômes : 214, 216-221, 415.
 Wilt — approche pour contrôle, lutte contre : 222-225, 309, 349-354 ; P 121, P 134.
 Xerophyte : 37.
Xiphinema sp. : 231.
 « Yellow spot » : 211-213, 349, 415, 417, 418 ; P 74, P 75.
 « Yellow spot » — agent causal, biologie, principaux symptômes : 211, 415, 417, 418.
 « Yellow spot » — approche pour contrôle, lutte contre : 213, 349.
Zeteticontus sp. : 250.
 Zinc : 148, 161, 241, 415, 416, 418 ; P 40.
 Zinèbe : 343.

Pour recherche de l'origine d'anomalies/altérations sur différentes parties de la plante, voir également les tableaux synoptiques 58, 59, 60 (p. 413-420).

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	7
PRÉAMBULE	9

PREMIÈRE PARTIE

LA PLANTE ET LE MILIEU	13
CHAPITRE I. 1. — Éléments de taxonomie - Origine - Dispersion.	15
CHAPITRE I. 2. — Génétique	21
I. 2.1. <i>Données génétiques</i>	21
I. 2.1.1. Éléments de cytogénétique	21
I. 2.1.2. Autostérilité et incompatibilité	22
I. 2.1.3. Études de quelques caractères	22
I. 2.1.3.1. Le caractère épineux des feuilles	23
I. 2.1.3.2. Le nombre de bulbilles - Les couronnes multiples	24
I. 2.1.3.3. — Autres mutations	26
I. 2.2. <i>Les différents cultivars</i>	26
I. 2.3. <i>Amélioration de la plante</i>	31
I. 2.3.1. Caractéristiques les plus couramment recherchées	31
I. 2.3.2. Sélection à l'intérieur des populations locales ..	33
I. 2.3.3. Recombinaisons chromosomiques par hybridation	33
I. 2.3.4. Possibilités offertes par la culture « <i>in vitro</i> » ..	33
CHAPITRE I. 3. — Botanique et physiologie	37
I. 3.1. <i>Caractéristiques botaniques</i>	37
I. 3.1.1. La tige	39
I. 3.1.2. Les feuilles	42
I. 3.1.3. Les racines	46
I. 3.1.4. Les rejets	48

I. 3.1.5. L'inflorescence et le fruit	50
I. 3.1.5.1. Description botanique	50
I. 3.1.5.2. Composition	54
I. 3.. <i>Métabolisme carboné de l'ananas</i>	56
I. 3.2.1. Régulation du métabolisme carboné	58
I. 3.2.1.1. Alimentation hydrique	58
I. 3.2.1.2. Thermopériode journalière - Température.	59
I. 3.2.1.3. Rayonnement global	60
I. 3.2.1.4. Photopériode	62
I. 3.2.1.5. Autres facteurs	62
I. 3.2.1.6. Conclusion - Comportement au champ ..	62
I. 3.2.2. Corollaires du métabolisme carboné de l'ananas.	64
I. 3.2.2.1. Transpiration	65
I. 3.2.2.2. Le bilan de matière sèche	66
I. 3.2.3. Conclusion	67
I. 3.3. <i>Croissance végétative</i>	67
I. 3.3.1. Croissance du plant	68
I. 3.3.2. Croissance du système racinaire	71
I. 3.3.3. Croissance de la tige	73
I. 3.3.4. Croissance des feuilles	74
I. 3.3.5. Croissance des rejets	80
I. 3.3.5.1. Démarrage des bourgeons axillaires	80
I. 3.3.5.2. Croissance des rejets	81
I. 3.4. <i>La différenciation florale</i>	82
I. 3.4.1. Physiologie de la floraison	82
I. 3.4.1.1. La floraison naturelle	83
I. 3.4.1.2. La floraison induite artificiellement	84
I. 3.4.1.3. Aspects fondamentaux	86
I. 3.4.2. Modifications morphologiques au niveau de l'apex	88
I. 3.4.3. Déterminisme du nombre d'yeux et du poids du fruit	90
I. 3.5. <i>Croissance et développement de l'inflorescence - Physiologie du fruit</i>	91
I. 3.5.1. Aspects généraux	91
I. 3.5.2. Modifications physico-chimiques à l'approche de la maturation	96
I. 3.5.3. Interférence des produits florigènes et autres substances de croissance	101
I. 3.5.4. Appréciation de la maturité	103
I. 3.5.5. Physiologie du fruit après récolte	104

CHAPITRE I. 4. — Écologie	107
I. 4.1. <i>La plante et le milieu physique</i>	107
I. 4.1.1. La plante et le climat	107
I. 4.1.1.1. Action du climat sur la croissance végétative	110
I. 4.1.1.1.1. Température	110
I. 4.1.1.1.2. Pluviosité et eau	113
I. 4.1.1.1.3. Luminosité-photopériodisme	119
I. 4.1.1.1.4. Vent	121
I. 4.1.1.1.5. Autres facteurs	121
I. 4.1.1.2. Le climat, le développement et la croissance des rejets	122
I. 4.1.1.3. La différenciation florale et le climat	123
I. 4.1.1.3.1. Facteurs d'induction de la floraison naturelle	123
I. 4.1.1.3.2. Le cycle naturel de l'ananas	124
I. 4.1.1.3.3. Incidences du climat sur la floraison artificielle	126
I. 4.1.2. La plante et le sol	128
I. 4.1.2.1. Le sol, caractéristiques physiques	128
I. 4.1.2.2. Le sol, caractéristiques chimiques	131
I. 4.1.3. La nutrition de la plante	134
I. 4.1.3.1. Les besoins de la plante	135
I. 4.1.3.1.1. Les exportations de la culture	135
I. 4.1.3.1.2. Restitutions par les résidus de culture	136
I. 4.1.3.1.3. Utilisation des restitutions	137
I. 4.1.3.1.4. Rythme d'absorption	138
I. 4.1.3.1.5. Relations azote-croissance	139
I. 4.1.3.1.6. Besoins en phosphore	141
I. 4.1.3.1.7. Relations azote-potassium	141
I. 4.1.3.1.8. Relations entre cations	142
I. 4.1.3.1.9. Facteurs réduisant la croissance	142
I. 4.1.3.1.10. Référentiel des besoins	144
I. 4.1.3.2. Symptômes foliaires des principales carences minérales	145
I. 4.1.3.3. Recherche d'un diagnostic fidèle de la nutrition de la plante	150
I. 4.1.3.3.1. Coloration du feuillage	150
I. 4.1.3.3.2. Analyse de la partie non chlorophyllienne de la feuille	151
I. 4.1.3.3.3. Analyse de la feuille entière	154

I.4.1.3.3.4. État nutritionnel et croissance des parties aériennes	156
I.4.1.3.3.5. État nutritionnel et croissance des partie souterraines	156
I.4.1.3.3.6. Incidence du parasitisme	157
I.4.1.3.3.7. Diagnostic de la nutrition en éléments majeurs	158
I.4.1.3.3.8. Diagnostic des oligo-éléments	161
I.4.1.3.3.9. Schéma général de diagnostic	162
I.4.1.4. Le milieu physique et le fruit	163
I.4.1.4.1. Le climat et le fruit	164
I.4.1.4.1.1. La température	164
I.4.1.4.1.2. L'alimentation hydrique	166
I.4.1.4.1.3. Le rayonnement solaire	167
I.4.1.4.2. La nutrition minérale et le fruit	170
I.4.1.4.2.1. L'azote	171
I.4.1.4.2.2. Le potassium	173
I.4.1.4.2.3. Autres éléments	175
I.4.1.4.3. Accidents et anomalies non parasitaires ..	175
I.4.1.4.3.1. Coups de soleil	175
I.4.1.4.3.2. Craquelures externes et internes	176
I.4.1.4.3.3. Anomalies sur couronnes	176
I.4.1.4.3.4. Jaune	177
I.4.1.4.3.5. Brunissement interne	178
I.4.2. <i>La plante et le milieu biologique</i>	179
I.4.2.1. Maladies dues à des champignons, bactéries et levures	180
I.4.2.1.1. Maladies affectant les racines et la tige (et par voie de conséquence l'ensemble de la plante)	180
I.4.2.1.1.1. Maladies associées à des <i>Phytophthora</i> spp. (pourriture des racines, du cœur et des fruits (« root heart rot », « top rot », « green fruit rot »)).	180
I.4.2.1.1.2. Maladies associées à des <i>Pythium</i> spp.	188
I.4.2.1.2. Maladies affectant toute partie aérienne de la plante	189
I.4.2.1.2.1. Maladies à <i>Ceratocystis paradoxa</i> (pourriture noire des rejets (« butt rot », « base rot ») ; pourriture noire du fruit (« black rot », « water blister ») ; taches blanches sur feuil-	

les (« white leaf spot ») - Maladie à <i>Thielaviopsis</i>	189
I. 4.2.1.2.2. Maladie de la fusariose (limitée au Brésil) due à <i>Fusarium moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i>	194
I. 4.2.1.3. Maladies affectant le fruit	199
I. 4.2.1.3.1. Affections des fruits liées à des <i>Penicillium</i> sp. et <i>Fusarium</i> sp. (« taches noires » (« fruitlet core rot », « eye rot », « black spot »), « leathery pocket », « interfruitet corking »)	199
I. 4.2.1.3.2. Maladies bactériennes et à levures ..	205
- Maladie rose (« pink disease »)	206
- Délivescence du fruit (« fruit collapse »)	207
- Pourriture bactérienne du cœur (« bacterial fruit heart rot »)	209
- Maladie marbrée (« marbling disease »)	209
- Pourriture à levures	210
I. 4.2.2. Maladies dues à des virus ou des toxines - Maladies affectant l'ensemble de la plante	211
I. 4.2.2.1. Maladie du « Yellow spot »	211
I. 4.2.2.2. Maladie du « Wilt » due à <i>Dysmicoccus</i> spp. (attribué à un « virus latent »)	213
I. 4.2.3. Ravageurs principaux	225
I. 4.2.3.1. Ravageurs affectant les racines (et par voie de conséquence l'ensemble de la plante ..	225
I. 4.2.3.1.1. Nématodes (<i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> sp., <i>Rotylenchulus</i> sp., <i>Helicotylenchus</i> sp.)	225
I. 4.2.3.1.2. Symphytes (<i>Scutigerella</i> spp. et <i>Hanseniella</i> spp.)	236
I. 4.2.3.2. Ravageurs affectant l'appareil foliaire	240
I. 4.2.3.2.1. Cochenilles : <i>Diaspis</i> spp. (Cochenilles à carapace (« pineapple scale »)), <i>Pseudococcus longispinus</i> et autres cochenilles d'importance secondaire :	
a) Cochenille <i>Diaspis bromeliae</i> et <i>Diaspis boiduvali</i> (cochenille à carapace (« pineapple scale »)) ..	240

b) Cochenille <i>Pseudococcus longispinus</i> (Targiani) (ou <i>P. adonidum</i> (L.)) et autres cochenilles d'importance secondaire	242
I. 4.2.3.2.2. Acariens - <i>Dolichotetranychus floridanus</i> , <i>Steneatarsonemus ananas</i> et <i>Tarsonemus</i> sp.	242
I. 4.2.3.3. Ravageurs affectant le fruit - <i>Thecla basilides</i> provoquant la gommose du fruit (limité à l'Amérique latine)	244
I. 4.2.4. Ravageurs « secondaires »	246
I. 4.2.4.1. Ravageurs « secondaires » affectant le système racinaire	246
I. 4.2.4.2. Ravageurs « secondaires » affectant toute partie aérienne de la plante	247
I. 4.2.4.3. Ravageurs « secondaires » affectant l'appareil foliaire	248
I. 4.2.4.4. Ravageurs « secondaires » affectant plus spécialement le fruit	249
I. 4.2.5. Les adventices	250
CHAPITRE I. 5. — De la biologie à la phytotechnie	253
I. 5.1. Longueur du cycle. Poids et qualité du fruit - Rendements/ha	253
I. 5.2. Production de matière sèche - Efficience de l'eau ..	255
I. 5.3. L'induction florale et ses corollaires	256
I. 5.4. État du peuplement	257
I. 5.5. Nutrition de la plante	259

DEUXIÈME PARTIE

PHYTOTECHNIE	263
CHAPITRE II. 1. — Systèmes de culture - Associations de cultures.	265
II. 1.1. La gamme des systèmes de culture	265
II. 1.2. Les principaux facteurs déterminant les systèmes de culture	266
II. 1.3. Recherche de cultures associables à la culture de l'ananas	268

CHAPITRE II. 2. — Choix du site - Aménagement du terrain	271
II. 2.1. <i>Choix du site</i>	271
II. 2.2. <i>Organisation parcellaire de la plantation en fonction des principales contraintes</i>	273
CHAPITRE II. 3. — Dispositif de plantation - Densité	277
II. 3.1. <i>Choix du dispositif de plantation</i>	277
II. 3.2. <i>Choix de la densité de plantation - Effets de concurrence</i>	278
CHAPITRE II. 4. — Planification de l'exploitation - Dates de plantation	283
II. 4.1. <i>Calendrier de production</i>	283
II. 4.2. <i>Calendrier des inductions florales</i>	284
II. 4.3. <i>Longueur du cycle</i>	285
II. 4.4. <i>Calendrier des plantations</i>	286
II. 4.5. <i>Le « pilotage par l'aval » et ses implications</i>	287
II. 4.6. <i>Exemples de planification</i>	289
CHAPITRE II. 5. — Préparation du terrain	293
II. 5.1. <i>Ameublissement du sol - Destruction des résidus de la précédente culture</i>	294
II. 5.2. <i>Couverture du sol</i>	297
II. 5.3. <i>Amendements et fumure de fond</i>	299
II. 5.4. <i>Traitements phytosanitaires à la plantation</i>	299
II. 5.5. <i>Mécanisation de la préparation du sol</i>	300
CHAPITRE II. 6. — Choix, préparation et mise en terre du matériel végétal de plantation	303
II. 6.1. <i>Les différents types de matériel végétal utilisables pour les plantations</i>	303
II. 6.2. <i>Qualité du matériel végétal</i>	306
II. 6.3. <i>Tri et préparation du matériel végétal</i>	307
II. 6.4. <i>Mise en terre des rejets</i>	309
II. 6.5. <i>De la mécanisation de la mise en place du matériel végétal</i>	311
CHAPITRE II. 7. — Fertilisation	313
II. 7.1. <i>Évolution des sols sous culture d'ananas</i>	314

II. 7.2. <i>Entretien des propriétés physiques et biologiques du sol</i>	315
II. 7.3. <i>Entretien des propriétés chimiques</i>	316
II. 7.4. <i>Satisfaction des besoins de la plante</i>	317
II. 7.4.1. Azote	318
II. 7.4.2. Potasse	320
II. 7.4.3. Contrôle du pH - Calcium-magnésium-phosphore	321
II. 7.4.4. Oligo-éléments	322
II. 7.5. <i>Modalités des apports</i>	323
II. 7.5.1. Apport solide	323
II. 7.5.2. Pulvérisations foliaires	323
II. 7.6. <i>Forme et localisation des apports</i>	325
II. 7.6.1. Azote	325
II. 7.6.2. Potasse	326
II. 7.6.3. Autres éléments	326
II. 7.7. <i>Cas particulier de la couverture du sol par un film de polyéthylène</i>	326
II. 7.8. <i>Facteurs limitants</i>	327
II. 7.9. <i>Exemples de doses et de distribution</i>	329
 CHAPITRE II. 8. — Irrigation (données de base pour satisfaire les besoins en eau)	333
II. 8.1. <i>Les données du problème-gestion agronomique de l'eau</i>	333
II. 8.2. <i>Utilisation de la couverture du sol</i>	334
II. 8.3. <i>Irrigation par aspersion</i>	335
II. 8.4. <i>Irrigation localisée</i>	338
II. 8.5. <i>Alimentation en eau et productivité</i>	339
 CHAPITRE II. 9. — Protection phytosanitaire	341
II. 9.1. <i>Lutte contre les différents type de maladies associés à des Phytophthora</i>	342
II. 9.2. <i>Lutte contre les maladies à Ceratocystis paradoxa</i> ..	345
II. 9.3. <i>Lutte contre la maladie de la Fusariose (Fusarium moniliforme subglutinans)</i>	346
II. 9.4. <i>Lutte contre les affections de fruits liées à des Penicillium sp. et à des Fusarium sp.</i>	348
II. 9.5. <i>Lutte contre les maladies bactériennes et à levures</i> ..	349
II. 9.6. <i>Lutte contre la maladie du « Yellow spot »</i>	349

II. 9.7. Lutte contre la maladie du « Wilt » due à <i>Dysmicoccus brevipes</i>	349
II. 9.8. Lutte contre les nématodes	355
II. 9.8.1. Principales caractéristiques générales - Mode d'action et modalités d'emploi des principaux produits actuellement disponibles	355
II. 9.8.2. Technique de lutte par voie chimique	360
II. 9.9. Lutte contre les symphyles	364
II. 9.10. Lutte contre les cochenilles <i>diaspis spp.</i> et <i>P. longispinus sp.</i>	366
II. 9.11. Lutte contre les acariens	366
II. 9.12. Lutte contre <i>Thecla basilides</i>	366
II. 9.13. Lutte contre divers ravageurs « secondaires »	367
II. 9.14. Lutte contre les adventices	368
II. 9.14.1. Principales adventices particulièrement difficiles à contrôler. Techniques de lutte plus ou moins spécifiques	368
II. 9.14.2. Techniques de lutte non spécifiques	370
II. 9.14.2.1. Techniques bio-écologiques	370
II. 9.14.2.2. Techniques faisant appel à des herbicides	371
II. 9.14.3. Quelques précisions sur le matériel d'application	374
II. 9.14.4. Quelques conseils pratiques concernant l'application des herbicides	375
CHAPITRE II. 10. — Traitement d'induction florale	377
II. 10.1. Les différents produits utilisés - Mode d'application et effets	378
II. 10.1.1. L'éthylène gazeux	378
II. 10.1.2. Le carbure de calcium - l'acétylène	379
II. 10.1.3. L'acide alphanaphtalène acétique (A.N.A.) ou son sel de soude (S.N.A.)	380
II. 10.1.4. La beta hydroxy ethyl hydrazine (B.O.H.)	381
II. 10.1.5. L'éthéphon ou acide 2 chloroéthane phosphonique	381
II. 10.1.6. Autres produits ou formulations	382
II. 10.2. Choix du produit pour l'induction florale	383
II. 10.3. Actions complémentaires	384
CHAPITRE II. 11. — Préparation du fruit - Récolte	385
II. 11.1. Préparation du fruit	385

II. 11.1.1. Augmentation du poids du fruit par traitement après induction florale	385
II. 11.1.2. Réduction des couronnes	387
II. 11.1.3. Protection contre les coups de soleil	388
II. 11.2. <i>La récolte</i>	390
II. 11.2.1. Détermination du « point de coupe »	390
II. 11.2.1.1. Ananas commercialisé en frais	390
II. 11.2.1.2. Ananas destiné à la conserverie	391
II. 11.2.1.3. Incidence de diverses anomalies	392
II. 11.2.2. Regroupement de la récolte	393
II. 11.2.3. Organisation de la récolte	397
II. 11.2.3.1. Ananas commercialisés en frais	397
II. 11.2.3.2. Ananas destinés à la transformation industrielle	399
CHAPITRE II. 12. — La deuxième récolte et les récoltes ultérieures.	401
II. 12.1 <i>Rentabilité de la 2^e récolte (« First ratoon crop »)</i> ..	402
II. 12.2. <i>Conditions de réussite dans le cas du cultivar Cayenne Lisse</i>	402
II. 12.3. <i>Amélioration de l'homogénéité</i>	403
II. 12.4. <i>Autres interventions en cours de végétation</i>	405
II. 12.5. <i>Gestion des exploitations</i>	405
CHAPITRE II. 13. — Multiplication végétative	407
II. 13.1. <i>Production de rejets</i>	407
II. 13.2. <i>Multiplication accélérée</i>	409
II. 13.2.1. Multiplication par destruction du méristème terminal	410
II. 13.2.2. Multiplication par fractionnement de tiges ..	410
II. 13.2.3. Multiplication par traitement chimique	411
ANNEXE 1. — Prédiagnostic à partir de l'état végétatif général d'une parcelle (cultivar Cayenne Lisse)	413
ANNEXE 2. — Recherche de l'origine des anomalies relevées sur feuilles et racines (cultivar Cayenne Lisse)	416
ANNEXE 3. — Recherche de l'origine des anomalies relevées sur fruit .	
- anomalies visibles extérieurement	418
- anomalies visibles qu'intérieurement	420

TROISIÈME PARTIE

UTILISATIONS DE L'ANANAS	421
CHAPITRE III. 1. — Utilisations du fruit	427
III. 1.1. <i>Consommation en frais</i>	427
III. 1.1.1. Fruits frais offerts sur les marchés locaux	427
III. 1.1.2. Fruits frais destinés à l'exportation	427
III. 1.2. <i>Fabrication de conserves « classiques »</i>	434
III. 1.2.1. Les différents produits fabriqués	434
III. 1.2.2. Schémas de fabrication	436
III. 1.2.3. Schéma type d'une ligne de fabrication	440
III. 1.2.3.1. Cylindrage	440
III. 1.2.3.2. Chaîne « tranches »	442
III. 1.2.3.2. Chaîne compote	443
III. 1.2.3.4. Chaîne 1 ^{er} jus	443
III. 1.2.3.5. Chaîne 2 ^e jus	445
III. 1.2.3.6. Rendement en conserverie	446
III. 1.3. <i>Co-produits de la fabrication de conserves</i>	447
III. 1.3.1. 2 ^e jus (jus de presse)	447
III. 1.3.2. Tourteaux	451
III. 1.4. <i>Préparation de produits congelés et/ou déshydratés.</i>	453
III. 1.4.1. Produits faisant appel au froid	453
III. 1.4.2. Produit déshydratés	453
III. 1.5. <i>Autres types de fabrication</i>	454
CHAPITRE III. 2. — Utilisation des parties végétatives de la plante (autres que le fruit)	455
III. 2.1. <i>Alimentation du bétail</i>	455
III. 2.2. <i>Fibres - Papier</i>	457
III. 2.3. <i>Broméline</i>	457
CHAPITRE III. 3. — Utilisation de la plante entière en tant que source d'énergie	459

QUATRIÈME PARTIE

ASPECTS ÉCONOMIQUES	463
CHAPITRE IV. 1. — Les grandes étapes de l'évolution de la pro- duction	467

CHAPITRE IV.2. — Production et marchés	471
IV.2.1. <i>Production mondiale de fruits frais</i>	471
IV.2.2. <i>Consommation locale</i>	474
IV.2.3. <i>Exportations en frais - Importations</i>	474
IV.2.4. <i>Production de conserves - Exportations - Importations</i>	479
IV.2.5. <i>Production de jus - Exportation - Importation</i>	486
CHAPITRE IV.3. — Aspects socio-économiques	487
CHAPITRE IV.4. — Des coûts de production	489
CHAPITRE IV.5. — Évolution des cours des principaux produits.	493

IN FINE

OUVERTURE SUR DES LENDEMAINS	497
BIBLIOGRAPHIE	499
LISTE ALPHABÉTIQUE DES SOUSCRIPTEURS DE PLANCHES EN COULEUR - LEURS ACTIVITÉS PRINCIPALES	533
INDEX MATIÈRES	537

AGENCE DE COOPÉRATION CULTURELLE ET TECHNIQUE

L'Agence de Coopération Culturelle et Technique, organisation intergouvernementale, créée par le Traité de Niamey en mars 1970, rassemble des pays, liés par l'usage commun de la langue française, à des fins de coopération dans les domaines de l'éducation, de la culture, des sciences et de la technologie, et plus généralement, dans tout ce qui concourt au développement de ses États membres et au rapprochement des peuples.

Les activités de l'Agence dans les domaines de la coopération scientifique et technique et du développement se groupent en cinq programmes prioritaire aux objectifs complémentaires :

- *inventaire et exploitation des ressources naturelles du monde francophone (y compris l'énergie, notamment ses formes non-conventionnelles),*
- *normalisation du stockage des données et développement des échanges dans le domaine de la recherche appliquée, par la mise en place de réseaux de banques de données scientifiques et technologiques.*
- *valorisation de la production agricole par la promotion de l'agro-industrie en milieu rural,*
- *promotion sociale des communautés rurales (avec un accent particulier sur la formation des jeunes) à travers des actions de développement rural intégré,*
- *développement des régions rurales situées en zones géographiques particulièrement défavorisées (pays du Sahel, Haïti).*

Toutes les actions menées dans le cadre des cinq programmes sont complémentaires et ont pour finalité le développement du monde rural. Celles résultant des deux premiers se situent en amont et tendent à renforcer les structures de la recherche appliquée et à favoriser la concertation et le transfert des données scientifiques et des technologies dans des domaines précis prioritaires pour le développement. Les actions du troisième programme se placent à un niveau intermédiaire et œuvrent pour l'implantation d'un tissu industriel intégré au milieu rural : petites et moyennes entreprises disséminées dans ce milieu, valorisant la production de la terre et de la mer et procurant du travail à une population en rapide croissance. Les deux derniers projets, enfin, se situent en aval de l'action : ils associent les populations elles-mêmes à l'amélioration globale de leur condition par une formation intimement liée à l'action, s'adressant particulièrement aux jeunes et concernant des domaines aussi vitaux pour les ruraux que leur habitat, leur santé et leur éducation.

PAYS MEMBRES

Belgique, Bénin, Burundi, Canada, République Centrafricaine, Comores, Congo, Côte d'Ivoire, Djibouti, Dominique, France, Gabon, Guinée, Haïti, Haute-Volta, Liban, Luxembourg, Mali, Ile Maurice, Monaco, Niger, Rwanda, Sénégal, Seychelles, Tchad, Togo, Tunisie, Vanuatu, Viet-Nam, Zaïre.

ÉTATS ASSOCIÉS

Cameroun, Égypte, Guinée-Bissau, Laos, Maroc, Mauritanie, Sainte Lucie.

GOVERNEMENTS PARTICIPANTS

Nouveau-Brunswick, Québec.

IMPRIMERIE A. BONTEMPS

LIMOGES (France)

Dépôt légal : Février 1984

Numéro Imprimeur : 6009/1983



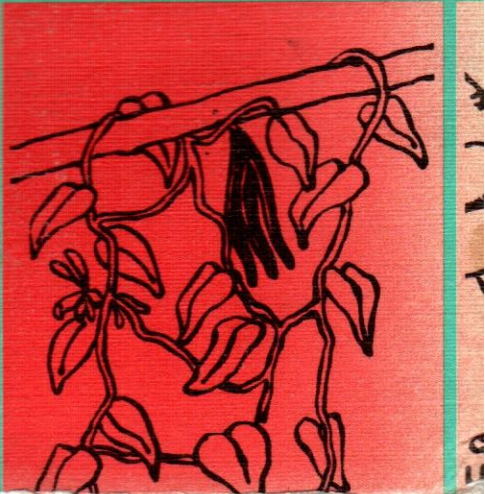
**EDITIONS G.P. MAISONNEUVE
ET LAROSE**

15, rue Victor Cousin - 75005 PARIS



**AGENCE DE COOPERATION
CULTURELLE ET TECHNIQUE**

13, quai A. Citroën - 75015 PARIS



PRIX : 170 F